

LEMBAR PENGESAHAN

**EFEK PENAMBAHAN SUKROSA PADA SETTING TIME
BINDER GEOPOLYMER DENGAN BAHAN DASAR FLY
ASH DAN LARUTAN Na_2SiO_3 SERTA NaOH DENGAN
MOLARITAS 12 M DAN 14 M SEBAGAI AKTIVATOR**

TUGAS AKHIR

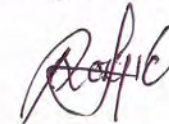
Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
pada

Bidang Studi Bahan Bangunan
Program Studi D-3 Teknik Sipil Bangunan Gedung
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :



Paramita Tri Kurniasari
NRP. 3111 030 021



Miftakul Rosyid
NRP. 3111 030 146

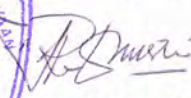
Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Dosen Pembimbing I



Dr. Ridho Bayuaji, ST, MT
NIP. 19730710 199802 1 002

Dosen Pembimbing II



Ir. Srie Subekti, MT
NIP. 19560520 19803 2 001

SURABAYA, JULI 2014

EFEK PENAMBAHAN SUKROSA PADA SETTING TIME BINDER GEOPOLYMER DENGAN BAHAN DASAR FLY ASH DAN LARUTAN Na_2SiO_3 SERTA NaOH DENGAN MOLARITAS 12 M DAN 14 M SEBAGAI AKTIVATOR

Nama Mahasiswa : 1. Paramita Tri Kurniasari
2. Miftakul Rosyid
NRP : 1. 3111 030 021
2. 3111 030 146
Jurusan : Diploma III Teknik Sipil FTSP-ITS
Dosen Pembimbing : 1. Dr. Ridho Bayuaji, ST. MT
2. Ir. Srie Subekti, MT

Abstrak

Teknologi beton geopolimer adalah teknologi beton hijau yang berpotensi untuk terus dikembangkan sebagai material konstruksi pada proyek infrastruktur. Faktor utama yang menjadi daya tarik beton geopolimer adalah pada proses geopolimerisasi, proses yang merubah hasil limbah industri yang mengandung alumino-silikat oksida menjadi produk geopolimer dengan kekuatan mekanik tinggi tanpa menggunakan semen.

Dalam penelitian proyek akhir ini bertujuan untuk mengembangkan properti plastis binder geopolimer dengan meneliti pengaruh sukrosa pada waktu pengikatan selama proses polimerisasi. Standar yang digunakan dalam penelitian ini adalah SNI-03-6827-2002 dan ASTM C 191-01a.

Hasil penelitian ini memberi kesimpulan bahwa efek sukrosa cenderung meningkatkan pengaturan waktu geopolimer pasta sehingga dapat dijadikan bahan berbasis alami untuk dikembangkan sebagai bahan tambahan dalam binder geopolimer.

Kata kunci : Abu layang, Binder Geopolimer, Plastis, Sukrosa

THE EFFECT OF ADDING SUCROSE ON SETTING TIME BINDER GEOPOLYMER WITH BASIC COMPONENT OF FLY ASH, Na_2SiO_3 AND NaOH SOLUTION WITH MOLARITY 12 M AND 14 M AS ACTIVATOR

Name of students : 1. Paramita Tri Kurniasari
2. Miftakul Rosyid
Reg. Number : 1. 3111 030 021
2. 3111 030 146
Department : Diploma III Teknik Sipil FTSP-ITS
Counsellor Lecture : 1. Dr. Ridho Bayuaji, ST. MT
2. Ir. Srie Subekti, MT

Abstract

The technology of geopolymer concrete is green concrete technologies that have the potential to be developed as a construction material in infrastructure project. The main factor that becomes the attraction of geopolymer concrete is geopolymerization processes, processes that change the outcome of industrial waste containing aluminosilicate oxide into geopolymer products with high mechanical strength without using of cement.

In this final research project aims to develop the plastic properties of geopolymer binders with examining the effect of sucrose on the binding time during the polymerization process. The standards that use in this study is the SNI-03-6827-2002 and ASTM C 191-01a.

The results of this study suggests that the effects of sucrose tended to increase the setting time of geopolymer paste that can be used as natural-based materials to be developed as an additional ingredient in the geopolymer binder.

Keywords: binder ratio, compressive strength, phosphogypsum, water-cement ratio.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Binder *geopolymer* adalah pengikat dalam campuran mortar. Pada *fly ash based geopolymer mortar*, bahan yang menjadi pengikat adalah *fly ash* yang telah diaktifkan oleh alkaline. Reaksi ini disebut dengan polimerisasi. Penggunaan *geopolymer* dipelopori oleh seorang ilmuwan Prancis, Prof. Joseph Davidovits pada tahun 1978.

Oleh karena itu, banyak riset yang telah dilakukan lembaga penelitian atau universitas di berbagai negara untuk mengkaji serta mempelajari manfaat dari *geopolymer* tersebut.

2.2 Geopolymer

2.2.1 Pengertian Geopolymer

Geopolymer adalah sebuah senyawa silikat alumino anorganik yang disintesis dari bahan – bahan produk sampingan seperti abu terbang (*fly ash*) abu sekam padi (*risk husk ash*) dan lain – lain, yang banyak mengandung silika dan alumina **(Davidovits, 1997)**. *Geopolymer* merupakan produk beton geosintetik dimana reaksi pengikatan yang terjadi adalah reaksi polimerisasi. Dalam reaksi polimerisasi ini Aluminium (Al) dan Silika (Si) mempunyai peranan penting dalam ikatan polimerisasi **(Davidovits, 1994)**.

Terdapat beberapa kelebihan binder antara lain:

- a. Pembuatan geopolimer juga tidak menghasilkan emisi gas CO₂ seperti pada pembuatan semen Portland (Malhotra, 1999).
- b. Beton geopolimer juga hemat energi dan ramah lingkungan karena geopolimerisasi hanya memerlukan pemanasan di suhu yang relatif rendah. Energi yang diperlukan hanya kurang lebih 3/5 dibanding pembuatan portland semen (Davidovits, 1991)

2.2.2 Sifat-sifat *Geopolymer*

Geopolymer memiliki sifat-sifat yang membedakannya dengan material lain, baik sifat fisik maupun kimia. Sifat fisik merupakan sifat yang dimiliki material tanpa bereaksi dengan bahan lain, termasuk sifat mekanik. Sedangkan sifat kimia adalah perilaku material apabila bereaksi secara kimia dengan bahan lain.

2.2.2.1 Sifat Fisik *Geopolymer*

Data di bawah ini merupakan sifat fisik yang umumnya dimiliki *geopolymer* (Davidovit, 2008)

Semen *Geopolymer*

- Penyusutan selama *setting*: <0.05%, tidak dapat diukur
- Kuat tekan (*uniaxial*): >90 Mpa pada 28 hari (untuk kekuatan awal tinggi mencapai 20 Mpa setelah 4 jam)
- Kuat *flexural*: 10-15 Mpa pada 28 hari (untuk kekuatan awal tinggi mencapai 10 Mpa setelah 24 jam)
- Modulus young: >2 Gpa
- *Freeze-thaw*: massa yang hilang <0.1 % (ASTM 4842), kekuatan yang hilang <5% setelah 180 siklus.
- *Wet-dry*: massa yang hilang <0.1% (ASTM 4843)

Binder *Geopolymer*

- Ekspansi linier: < $5 \cdot 10^{-6}/K$
- Konduktivitas panas: 0.2 sampai 0.4 W/K.m
- *Specific heat* : 0.7-1.0 KJ/kg
- Densitas *bulk* 1 sampai 1.9 g/mL
- Porositas terbuka 15-30 %
- Penyusutan geopolimerisasi 0.2 – 0.4 %
- D.T.A : endotermik pada 250°C (air zeolitik)
- Dan lain-lain

2.2.2.2 Sifat Kimia Geopolymer

Data di bawah ini merupakan sifat kimia yang umumnya dimiliki *geopolymer* (Davidovit, 2008)

- Ketahanan kimia *geopolymer*
Geopolymer yang direndam asam sulfat 10% hanya mengalami penyusutan massa 0.1 % perhari dan asam klorida 5% hanya menyebabkan penyusutan 1% per hari. Perendaman dengan KOH 50% hanya menyusut 0.02% perhari, larutan sulfat menyebabkan penyusutan 0.02% pada 28 hari, sedangkan larutan amonia tidak menyebabkan penyusutan massa pada *geopolymer*. Reaksi alkali agregat tidak terjadi pada *geopolymer*.
- Nilai pH antara 11,5-12,5. Bandingkan dengan pasta semen Portland yang memiliki pH antara 12-13.
- Pelarutan (*leaching*) dalam air, setelah 180 hari: $K_2O < 0.015 \%$
- Absorpsi air: $< 3\%$, tidak terkait pada permeabilitas

2.3 Fly ash

2.3.1 Pengertian Fly Ash

Fly ash merupakan bagian dari sisa abu pembakaran yang berupa bubuk halus dan ringan yang diambil dari campuran gas tungku pembakaran menggunakan bahan batubara pada boiler Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). *Fly ash* diambil secara mekanik dengan sistem pengendapan elektrostatik (Hidayat,1986)

Fly ash adalah mineral *admixture* yang berasal dari sisa pembakaran batubara yang tidak terpakai. Material ini mempunyai kadar bahan semen yang tinggi dan mempunyai sifat pozzolanik (Himawan dan Darma,2000 : 25)

Dalam penelitian Ardha (2003), secara kimia *fly ash* merupakan material oksida anorganik yang mengandung silika dan alumina aktif karena sudah melalui proses pembakaran pada

suhu tinggi. Bersifat aktif yaitu dapat bereaksi dengan komponen lain dalam kompositnya untuk membentuk material baru (*mulite*) yang tahan terhadap suhu tinggi.

Fly ash memiliki butiran yang lebih halus daripada butiran semen dan mempunyai sifat hidrolik. *Fly ash* bila digunakan sebagai bahan tambah atau pengganti sebagian semen maka tidak sekedar menambah kekuatan mortar, tetapi secara mekanik *fly ash* ini akan mengisi ruang kosong (rongga) di antara butiran-butiran dan secara kimiawi akan memberikan sifat hidrolik pada kapur mati yang dihasilkan dari proses hidrasi, dimana mortar hidrolik ini akan lebih kuat daripada mortar udara (kapur mati dan air) **(Suhud,1993)**

Dengan adanya tambahan air dan ukuran partikelnya yang halus, oksida silika yang dikandung oleh *fly ash* akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida dan menghasilkan zat yang memiliki kemampuan mengikat. Pakar teknologi beton yang bermukim di Kanada **(Malhotra,2001)** mempelopori riset penggunaan *fly ash* dalam proporsi cukup besar (hingga 60-65% dari total semen portland yang dibutuhkan) sebagai bahan pengganti sebagian semen dalam proses pembuatan mortar.

Fly ash termasuk bahan pozzolan buatan karena sifatnya yang pozzolanik, partikel halus tersebut dapat bereaksi dengan kapur pada suhu kamar dengan media air sehingga membentuk senyawa yang bersifat mengikat. *Fly ash* dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengganti pemakaian sebagian semen, baik untuk adukan (mortar) maupun untuk campuran beton. Keuntungan lain dari pemakaian *fly ash* adalah dapat meningkatkan ketahanan/keawetan mortar terhadap ion sulfat. **(Hidayat,1986).**

Dalam perkembangannya, *fly ash* tidak hanya digunakan untuk mengganti sebagian semen tetapi dapat juga digunakan sebagai pengganti seluruh semen. Dengan demikian *fly ash* difungsikan dengan bahan alkaline dan sebagai aktivatornya digunakan NaOH dan sodium silikat (Na_2SiO_3) sehingga terjadi

proses polimerisasi yang selanjutnya dapat mengikat agregat-agregat.

Ukuran partikel fly ash bervariasi mulai yang lebih kecil dari $1\text{ }\mu\text{m}$ (micrometer) sampai yang lebih besar dari $100\text{ }\mu\text{m}$ (beberapa literatur menyebutkan ukuran $0,5\text{ }\mu\text{m}$ - $300\text{ }\mu\text{m}$), dengan sebagian besar partikel berukuran kurang dari $20\text{ }\mu\text{m}$. Umumnya hanya sekitar 10% sampai 30% ukuran partikel fly ash lebih besar dari $50\text{ }\mu\text{m}$.

Fly ash yang dapat digunakan untuk campuran pengganti sebagian semen dalam beton diatur dalam ACI Manual of Concrete Practice 1993 Part 1 2 26.3R-3 dan ASTM C 618 (Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use as a Mineral Admixture in Portland Cement Concrete), dan dibagi menjadi 3 kelas :

2.3.2. Sifat-sifat *Fly Ash*

a. Sifat kimia *fly ash*

Tabel 2.1 Tabel persyaratan kandungan kimia *fly ash*

Senyawa	Kelas Campuran Mineral		
	F (%)	N (%)	C (%)
$\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$	70	70	50
SO_3	4	5	5
Moisture content	3	3	3
Loss of Ignition	10	6	6
Alkali Na_2O	1.5	1.5	1.5

(ASTM C 618-96 volume 04.02)

b. Sifat fisik *fly ash*

Sifat fisik *fly ash* menurut ACI Manual of Concrete Practice 1993 Parts 1 2 26.3R-6 dan ASTM C 618 adalah

1. *Specific gravity* 2.2 – 2.8
2. Ukuran ϕ 1 mikron - ϕ 1 mm dengan kehalusan 70% - 80% lolos saringan no.200 (75 mikron)

3. Kehalusan :

% tertahan ayakan 0.075 mm : 3.5

% tertahan ayakan 0.045 mm : 19.3

% sampai ke dasar : 77.2

Tabel. 2.2 Tabel susunan sifat fisik *fly ash*

No.	Uraian	Kelas F (%)	Kelas C (%)
1.	Kehalusan sisa di atas ayakan 45 μ m	34.0	34.0
2.	Indeks keaktifan pozolan dengan PC (kelas I) pada umur 28 hari	75.0	75.0
3.	Air	105.0	105.0
4.	Pengembangan dengan Autoclave	0.8	0.8

*(ASTM C 618 – 91 (dalam husin, 1998))***Tabel 2.3** Tabel persyaratan fisik *fly ash*

No.	Persyaratan Fisika	Kelas Campuran Mineral		
		F (%)	N (%)	C (%)
1.	Jumlah yang tertahan ayakan 45 μ m (ro.325)	34	34	34
2.	Indeks aktivitas kekuatan :			
	Dengan semen umur 7 hari	75	75	75
	Dengan semen umur 28 hari	75	75	75
3.	Kebutuhan air	115	105	105
4.	Autoclave ekspansion atau contraction	0.8	0.8	0.8
5.	Density	5	5	5
6.	% tertahan ayakan 45 μ m	5	5	5

(ASTM C 618 – 96 volume 04.02)

2.3.3. Klasifikasi Jenis Fly Ash

Fly ash dapat dibedakan menjadi 3 jenis (*ACI Manual of Concrete Practice 1993 Parts 1 226.3R-3*) dan *ASTM C 618*, yaitu :

- a. Kelas C
 1. *Fly ash* yang mengandung CaO lebih dari 10%, dihasilkan dari pembakaran lignite atau sub bitumen batubara.
 2. Kadar ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) > 50%
 3. Kadar Na_2O mencapai 10%
 4. Pada campuran beton digunakan sebanyak 15% - 35% dari total berat binder.
- b. Kelas F
 1. *Fly ash* yang mengandung CaO kurang dari 10%, dihasilkan dari pembakaran *anthrachite* atau bitumen batubara.
 2. Kadar ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) > 70%
 3. Kadar Na_2O < 5%
 4. Pada campuran beton digunakan sebanyak 15% - 25% dari total berat binder.
- c. Kelas N

Pozzolan alam atau hasil pembakaran yang dapat digolongkan antara lain tanah *diatomic*, *opaline chertz* dan *shales*, *tuff* dan abu vulkanik, dimana bisa diproses melalui pembakaran atau tidak. Selain itu juga berbagai hasil pembakaran yang mempunyai sifat pozzolan yang baik.

Dari ketiga jenis fly ash di atas yang bisa digunakan sebagai *geopolymer* adalah jenis *fly ash* yang memiliki kandungan CaO rendah dan kandungan Si dan Al lebih dari 50% yaitu *fly ash* tipe C dan F karena Si dan Al merupakan unsur yang utama dalam terjadinya proses geopolimerisasi. Dari penelitian terdahulu (**Kosnatha dan Prasetyo, 2007**) *geopolymer* yang

menggunakan *fly ash* tipe C menghasilkan kuat tekan lebih tinggi dibandingkan dengan *fly ash* tipe F baik yang menggunakan curing dengan oven maupun pada suhu ruang.

2.4 Alkali Aktivator (Sodium Silikat dan Sodium Hidroksida)

Sodium silikat dan sodium hidroksida digunakan sebagai alkaline activator (**Hardjito, et.al, 2004**). Sodium silikat mempunyai fungsi untuk mempercepat reaksi polimerisasi. Sedangkan sodium hidroksida berfungsi untuk mereaksikan unsur-unsur Al dan Si yang terkandung dalam *fly ash* sehingga dapat menghasilkan ikatan polimer yang kuat.

2.4.1. Sodium Silikat (Na_2SiO_3)

Sodium silikat merupakan salah satu bahan tertua dan yang paling aman yang sering digunakan di dalam industri kimia. Proses produksinya yang lebih sederhana menyebabkan sodium silikat berkembang dengan cepat sejak tahun 1818. Sodium silikat dapat dibuat dengan 2 proses yaitu proses kering dan proses basah. Pada proses kering, pasir (SiO_2) dicampur dengan sodium carbonate (Na_2SiO_3) atau dengan potassium carbonate (K_2CO_3) pada temperatur 1100 - 1200°C. Hasil reaksi tersebut menghasilkan kaca (*cullets*) yang dilarutkan ke dalam air dengan tekanan tinggi menjadi cairan yang kering dan agak kental. Sedangkan pada proses pembuatan basah, pasir (SiO_2) dicampur dengan sodium hidroksida (NaOH) melalui proses filtrasi sehingga menghasilkan sodium silikat yang murni.

Sodium silikat terdapat dalam 2 bentuk, yaitu padatan dan larutan. Untuk campuran mortar lebih banyak digunakan sodium silikat dengan bentuk larutan. Sodium silikat pada mulanya digunakan sebagai campuran dalam pembuatan sabun. Tetapi dalam perkembangannya sodium silikat dapat digunakan untuk berbagai macam keperluan, antara lain untuk bahan campuran semen, pengikat keramik, campuran cat serta dalam beberapa

keperluan seperti kertas, tekstil dan serat. Beberapa penelitian telah membuktikan bahwa sodium silikat dapat digunakan untuk bahan campuran dalam beton (**Hartono.F.,Budi.G.,2002**). Dalam penelitian ini, sodium silikat digunakan sebagai alkali *activator*.

Sodium silikat ini merupakan salah satu larutan alkali yang berperan penting dalam proses polimerisasi karena sodium silikat mempunyai fungsi untuk mempercepat reaksi polimerisasi. Reaksi terjadi secara cepat ketika larutan alkali banyak mengandung larutan silika seperti sodium silikat, dibandingkan reaksi yang terjadi akibat larutan alkali yang banyak mengandung larutan hidroksida.

2.4.2. Sodium Hidroksida (NaOH)

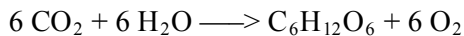
Sodium hidroksida (NaOH), juga dikenal sebagai soda kaustik atau natrium hidroksida, adalah sejenis basa logam kaustik. Sodium hidroksida membentuk larutan alkalin yang kuat ketika dilarutkan ke dalam air. Digunakan di berbagai macam bidang industri, kebanyakan digunakan sebagai basa dalam proses produksi bubur kayu dan kertas, tekstil, air minum, sabun dan deterjen. Sodium hidroksida adalah basa yang paling umum digunakan dalam laboratorium kimia.

Sodium hidroksida murni berbentuk putih padat dan tersedia dalam bentuk pellet, serpihan, butiran ataupun larutan jenuh 50%. Bersifat lembab cair dan secara spontan menyerap karbondioksida dari udara bebas. NaOH sangat larut dalam air dan akan melepaskan panas ketika dilarutkan.

Sodium hidroksida berfungsi untuk mereaksikan unsur-unsur Al dan Si yang terkandung dalam *fly ash* sehingga dapat menghasilkan ikatan polimer yang kuat. Sebagai *activator*, sodium hidroksida harus dilarutkan terlebih dahulu dengan air sesuai dengan molaritas yang diinginkan. Larutan ini harus dibuat dan didiamkan setidaknya 24 jam sebelum pemakaian. (**Hardjito et.al,2005**).

2.5. Sukrosa ($C_{12}H_{22}O_{11}$)

Sukrosa adalah senyawa disakarida dengan rumus molekul $C_{12}H_{22}O_{11}$. Sukrosa terbentuk melalui proses fotosintesis yang ada pada tumbuh-tumbuhan. Pada proses tersebut terjadi interaksi antara karbon dioksida dengan air didalam sel yang mengandung klorofil. Bentuk sederhana dari persamaan tersebut adalah :



Gula tebu adalah disakarida, gula tersebut dapat dibuat dari gabungan dua gula yang sederhana yaitu glukosa dan fruktosa (monosakarida). Penggabungan dari double unit karbon monosakarida menjadi : $C_{12}H_{22}O_{11}$ yang selanjutnya dinamakan sukrosa atau *saccharose*.

Pada penelitian Andri Kusbiantoro,dkk, senyawa ini dipercaya dapat memperlambat pengikatan pada setting time binder *geopolymer* karena asam kompleks banyak terserap oleh partikel *fly ash*. Sukrosa dikombinasikan dengan Ca, Al dan Fe dalam campuran untuk larut dari logam kompleks organik yang menutupi partikel abu terbang dan menunda proses *geopolymerization*. Hal ini dibuktikan pada campuran *geopolymer* normal memiliki pengaturan waktu awal 33 menit dan mencapai pengaturan waktu akhir setelah 100 menit. Sedangkan pada penambahan sukrosa *setting time* awal 10 menit untuk 1,5% dan 15 menit untuk 2,5%. Jadi spesimen sukrosa cenderung memberikan efek perlambatan pada pasta *geopolymer*.

2.6 SEM-EDX

SEM (Scanning Electron Microscope) adalah salah satu jenis mikroskop electron yang menggunakan berkas electron untuk menggambarkan bentuk permukaan dari material yang dianalisis. Prinsip kerja dari SEM ini adalah dengan menggambarkan permukaan benda atau material dengan berkas electron yang dipantulkan dengan energy

tinggi. Permukaan material yang disinari atau terkena berkas electron akan memantulkan kembali berkas electron atau dinamakan berkas electron sekunder ke segala arah. Tetapi dari semua berkas electron yang dipantulkan terdapat satu berkas electron yang dipantulkan dengan intensitas tertinggi. Detector yang terdapat di dalam SEM akan mendeteksi berkas electron berintensitas tertinggi yang dipantulkan oleh benda atau material yang dianalisis. Selain itu juga dapat menentukan lokasi berkas electron yang berintensitas tertinggi itu.

Ketika dilakukan pengamatan terhadap material, lokasi permukaan benda yang ditembak dengan berkas elektron yang ber intensitas tertinggi di – scan ke seluruh permukaan material pengamatan. Karena luasnya daerah pengamatan kita dapat membatasi lokasi pengamatan yang kita lakukan dengan melakukan zoom – in atau zoom – out. Dengan memanfaatkan berkas pantulan dari benda tersebut maka informasi dapat di ketahui dengan menggunakan program pengolahan citra yang terdapat dalam computer.

SEM (Scanning Electron Microscope) memiliki resolusi yang lebih tinggi dari pada mikroskop optic. Hal ini di sebabkan oleh panjang gelombang de Broglie yang memiliki electron lebih pendek daripada gelombang optik. Karena makin kecil panjang gelombang yang digunakan maka makin tinggi resolusi mikroskop.

SEM mempunyai kegunaan yakni Pengamatan dan pengkajian morfologi material padatan berskala mikro dengan resolusi hingga 3 nm dan pembesaran hingga 1 juta kali. Detektor Energy Dispersive X-ray (EDX) memungkinkan dilakukannya mikroanalisis secara kualitatif dan semi kuantitatif untuk unsur-unsur mulai dari litium (Li) sampai uranium (U).

2.7 XRD (X-Ray Diffraction)

XRD merupakan alat yang digunakan untuk mengkarakterisasi struktur kristal, ukuran kristal dari suatu bahan padat. Semua bahan yang mengandung kristal tertentu ketika dianalisa menggunakan XRD akan memunculkan puncak – puncak yang spesifik. Sehingga kelemahan alat ini tidak dapat untuk mengkarakterisasi bahan yang bersifat amorf.

Metode difraksi umumnya digunakan untuk mengidentifikasi senyawa yang belum diketahui yang terkandung dalam suatu padatan dengan cara membandingkan dengan data difraksi dengan database yang dikeluarkan oleh International Centre for Diffraction Data berupa PDF Powder Diffraction File (PDF).

XRD (X-Ray Diffraction) mempunyai kegunaan sebagai berikut:

Penentuan struktur kristal :

1. Bentuk dan ukuran sel satuan kristal (d, sudut, dan panjang ikatan)
2. Pengindeks-an bidang kristal,
3. Jumlah atom per-sel satuan

Analisis kimia :

1. Identifikasi/Penentuan jenis kristal
2. Penentuan kemurnian relatif dan derajat kristalinitas sampel
3. Deteksi senyawa baru
4. Deteksi kerusakan oleh suatu perlakuan

2.8 XRF (X-Ray Fluorescence)

XRF merupakan alat yang digunakan untuk menganalisis komposisi kimia beserta konsentrasi unsur-unsur yang terkandung dalam suatu sample dengan menggunakan metode spektrometri. XRF umumnya

digunakan untuk menganalisa unsur dalam mineral atau batuan. Analisis unsur di lakukan secara kualitatif maupun kuantitatif. Analisis kualitatif dilakukan untuk menganalisi jenis unsur yang terkandung dalam bahan dan analisis kuantitatif dilakukan untuk menentukan konsentrasi unsur dalam bahan.

2.9 Pengaturan waktu vicat (*setting time*)

Setting time merupakan suatu pengujian untuk mengetahui berapa lama waktu pengikatan awal (mulai mengikat) dan pengikatan akhir (mulai mengeras) pasta *geopolymer*.

1. Waktu kerja

Waktu kerja atau waktu pengaturan awal adalah jangka waktu dari awal pencampuran sampai massa mencapai tahap setengah-keras dan ditandai dengan adanya reaksi *setting* sebagian.

2. Waktu *setting* akhir

Waktu *setting* akhir adalah jangka waktu dari waktu pencampuran sampai massa menjadi keras dan bisa di pisahkan dari bahan pencetakan.

2.10 UPV

UPV adalah pengujian kekuatan tekan binder secara tidak langsung, melalui pengukuran kecepatan perambatan gelombang elektronik longitudinal pada media binder.

Tes UPV dapat digunakan untuk:

1. Mengetahui keseragaman kualitas binder
2. Mengetahui kualitas struktur binder setelah umur beberapa tahun
3. Mengetahui kekuatan tekan binder
4. Menghitung modulus elastisitas dan koefisien poisson binder.

(*International Atomic Energy Agency, 2002*)

Kecepatan gelombang ultrasonik dipengaruhi oleh kekakuan elastis dan kekuatan binder. Pada binder yang pemadatannya kurang baik, atau mengalami kerusakan butiran material, gelombang *UPV* akan mengalami penurunan kecepatan. Perubahan kekuatan binder pada *UPV* ditunjukkan dengan perbedaan kecepatan gelombangnya; jika turun, adalah tanda bahwa binder mengalami penurunan kekuatan, sebaliknya jika kecepatannya naik, adalah tanda bahwa kekuatan binder meningkat (Hamidian dkk, 2012). Whitehurst melakukan penelitian untuk mengetahui hubungan kecepatan gelombang dan kualitas binder, hasilnya seperti pada Tabel 2.6

Tabel 2.4 Klasifikasi kualitas binder berdasarkan kecepatan gelombang

Kecepatan gelombang longitudinal		Kualitas beton
km/ (detik.10 ³)	Ft/ detik	
>4,5	> 15	Sangat bagus
3,5 – 4,5	12 – 15	Bagus
3,0 – 3,5	10 – 12	Diragukan
2,0 – 3,0	7 – 10	Jelek
< 2,0	<7	Sangat jelek

(*International Atomic Energy Agency, 2002 : 110*)

2.11 Kuat Tekan

Salah satu sifat mekanik yang digunakan sebagai parameter *geopolymer* adalah kuat tekan. Kuat tekan *geopolymer* dapat dipengaruhi oleh :

- Umur *geopolymer*
- Temperatur dan lama waktu *curing*
- Kadar air dalam *geopolymer*

Untuk perhitungan beton pada umur 28 hari, menggunakan perhitungan sebagai berikut :

$$f_{ci} = \frac{P}{A} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dengan :

- P = Beban maksimum (kg).
- A = Luas penampang benda uji (cm²).
- f_{ci} = Kuat tekan beton yang didapat dari hasil pengujian (kg/cm²).
- f_{cr} = Kuat tekan beton rata-rata (kg/cm²).
- n = Jumlah benda uji, minimum 20 buah.

2.13 Porositas

Porositas adalah ukuran banyaknya ruang kosong dalam bahan tertentu dan dalam hal ini adalah *geopolymer*. Porositas dapat dihitung dengan rumus

$$P = \frac{W_{sa} - W_d}{W_{sa} - W_{sw}} \times 100 \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana :

- P = Total Porositi (%)
- W_{sa} = Berat benda uji jenuh air di udara (gr)
- W_{sw} = Berat benda uji jenuh air di dalam air (gr)
- W_d = Berat benda uji setelah dioven pada suhu 105°C selama 24 jam (gr)

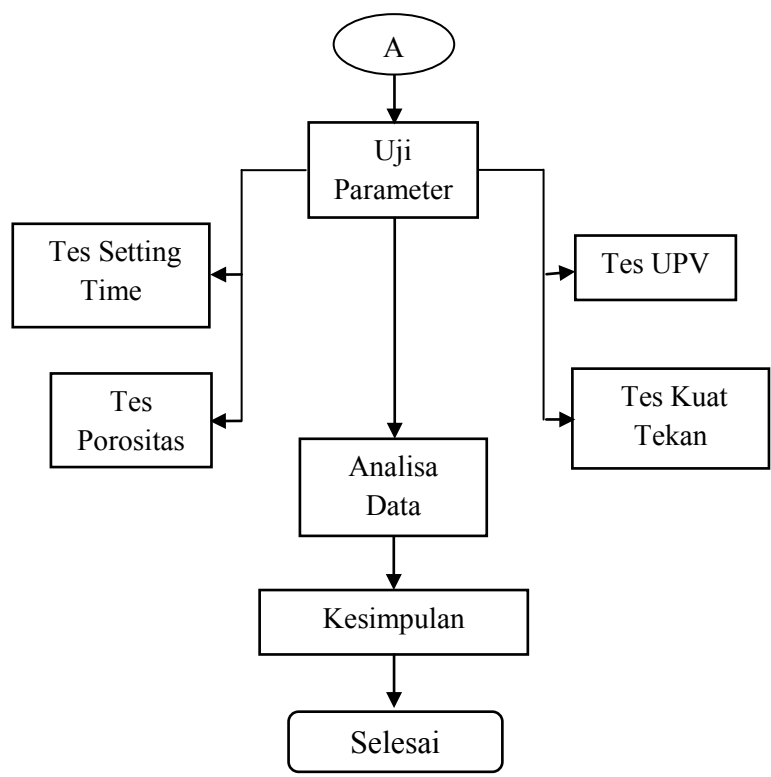
Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi sangat penting dan diperlukan dalam sebuah penelitian. Hal ini penting agar penelitian yang dilakukan dapat lebih terarah sehingga hasil yang didapatkan bisa lebih optimum. Adapun metodologi penelitian yang akan di lakukan dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:





Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian

3.1 Studi Literatur

Yang dilakukan pertama kali dalam menyusun tugas akhir ini adalah melakukan studi literatur mengenai beton *geopolymer* dan segala macam jurnal penelitian yang telah membahas masalah beton *geopolymer* sebelumnya. Studi Literatur terutama berasal dari laporan penelitian “*Development and Properties Of Low Calcium Fly Ash – Based Geopolymer Concrete*” (Hardjito and Rangan, 2005).

3.2 Persiapan Bahan dan Praktikum Penelitian Laboratorium

3.2.1 Fly Ash

Dalam penelitian ini digunakan *fly ash* sebagai material dasar untuk pembuatan *geopolymer*. *Fly ash* yang digunakan berasal dari PLTU Paiton, Probolinggo, Jawa Timur. Untuk mengetahui komposisi kimia yang terkandung dalam *fly ash* tersebut, akan dilakukan tes *XRD* (*X-Ray Diffraction*) di laboratorium.

3.2.2. Uji Komposisi Fly Ash

Komposisi *fly ash* dapat diketahui melalui suatu uji yang bernama *XRD* (*X-Ray Diffraction*) dimana telah dijelaskan sebelumnya bahwa *fly ash* yang mengandung kadar oksida tinggi dan bersifat amorf yang bisa dibuat binder dan beton *geopolymer*. Hal ini dimaksudkan agar bahan tersebut bisa bereaksi membentuk suatu reaksi polimerisasi dengan aktivatornya.

3.2.3 Jenis alkali aktivator

Jenis alkali aktivator yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sodium silikat (Na_2SiO_3) dan sodium

hidroksida (NaOH). Larutan sodium hidroksida yang digunakan yaitu larutan NaOH 12 M dan 14 M.

Cara membuat 1 liter larutan NaOH 12 M adalah sebagai berikut :

1. Menghitung kebutuhan NaOH yang akan digunakan.

$$\begin{aligned} n &= M \times v \\ &= 1 \text{ liter} \times 12 \text{ mol/liter} \\ &= 12 \text{ mol} \end{aligned}$$

Dimana :

n = jumlah mol zat terlarut

M = kemolaran larutan

v = volume larutan

$M_r \text{ NaOH} = 40$ (penjumlahan A_r dari unsur-unsur penyusun senyawa yaitu, $\text{Na}=23$, $\text{O}=16$, $\text{H}=1$)

$$\begin{aligned} \text{Massa NaOH} &= n \text{ mol} \times M_r \\ &= 12 \text{ mol} \times 40 \text{ gram/mol} \\ &= 480 \text{ gram} \end{aligned}$$

2. Menimbang NaOH seberat 480 gram
3. Memasukkan NaOH ke dalam labu ukur dengan kapasitas 1000cc / liter
4. Menambahkan aquades ke dalam labu ukur sampai volumenya 1 liter.
5. Aduk hingga larut.

Cara membuat membuat 1 liter larutan NaOH 14 M adalah sebagai berikut :

1. Menghitung kebutuhan NaOH yang akan digunakan.

$$\begin{aligned} n &= M \times v \\ &= 1 \text{ liter} \times 14 \text{ mol/liter} \\ &= 14 \text{ mol} \end{aligned}$$

Dimana :

n = jumlah mol zat terlarut
 M = kemolaran larutan
 v = volume larutan

$M_r \text{ NaOH} = 40$ (penjumlahan A_r dari unsur-unsur penyusun senyawa yaitu, $\text{Na}=23$, $\text{O}=16$, $\text{H}=1$)

$$\begin{aligned} \text{Massa NaOH} &= n \text{ mol} \times M_r \\ &= 14 \text{ mol} \times 40 \text{ gram/mol} \\ &= 560 \text{ gram} \end{aligned}$$

2. Menimbang NaOH seberat 560 gram
3. Memasukkan NaOH ke dalam labu ukur dengan kapasitas 1000cc / liter
4. Menambahkan aquades ke dalam labu ukur sampai volumenya 1 liter.
5. Aduk hingga larut.

3.3 Membuat Mix Desain untuk Binder Geopolymer ukuran 20mm x 40mm

Dalam penelitian ini akan digunakan 4 buah variasi komposisi campuran beton yang terbagi menjadi 2 kelompok. Pengelompokan ini berdasarkan molaritas NaOH yang digunakan yaitu sebagai berikut :

1. Sodium Hidroksida (NaOH) 12 M dengan perbandingan antara sodium silikat dengan sodium hidroksida 0,5 dan 1
2. Sodium Hidroksida (NaOH) 14 M dengan perbandingan antara sodium silikat dengan sodium hidroksida 0,5 dan 1

Setiap komposisi campuran tersebut, akan dibuat 9 benda uji. Mix desain binder *geopolymer* berukuran 20 x 40 mm² sebagai berikut :

a. Massa 1 silinder binder *geopolymer* ukuran 20 x 40 mm²

$$\begin{aligned}\text{Volume 1 binder} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 2^2 \times 4 \\ &= 12,56 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa 1 binder} &= \text{berat volume beton} \times \text{vol. beton} \\ &= 2,4 \text{ gr/cm}^3 \times 12,56 \text{ cm}^3 \\ &= 30,144 \text{ gram}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa fly ash} &= 74\% \times \text{massa 1 binder} \\ &= 74\% \times 30,144 \text{ gram} \\ &= 22,31 \text{ gram}\end{aligned}$$

b. Menentukan massa aktivator

Direncanakan massa aktivator 26% dari massa 1 binder sedangkan perbandingan massa antara sodium silikat dengan sodium hidroksida sebagai contoh perhitungan direncanakan sebesar 0,5. Adapun perhitungannya sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Massa aktivator} &= 26\% \times \text{massa 1 binder} \\ &= 26 \% \times 30,144 \text{ gram} \\ &= 7,84 \text{ gram}\end{aligned}$$

$$\text{Massa aktivator} = \text{massa sodium silikat} + \text{massa sodium hidroksida}$$

Sodium hidroksida yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 2 macam molaritas yaitu 12 M dan 14 M. Untuk menentukan berapa besar massa sodium hidroksida dan

sodium silikat yang digunakan, dapat dihitung dengan menggunakan perbandingan sebagai berikut :

- Perbandingan $\text{Na}_2\text{SiO}_3 : \text{NaOH} = 0,5$

$$\frac{\text{Na}_2\text{SiO}_3}{\text{NaOH}} = 0,5 \longrightarrow 0,5 \text{ NaOH} = \text{Na}_2\text{SiO}_3$$

$$\frac{7,85}{7,85} = 0,5 \text{ NaOH} + \text{NaOH}$$

$$\frac{7,85}{\text{NaOH}} = 1,5 \text{ NaOH}$$

$$\frac{\text{NaOH}}{\text{Na}_2\text{SiO}_3} = 5,23 \text{ gram}$$

$$\frac{\text{Na}_2\text{SiO}_3}{\text{Na}_2\text{SiO}_3} = 2,61 \text{ gram}$$
- Perbandingan $\text{Na}_2\text{SiO}_3 : \text{NaOH} = 1$

$$\frac{\text{Na}_2\text{SiO}_3}{\text{NaOH}} = 1 \longrightarrow \text{NaOH} = \text{Na}_2\text{SiO}_3$$

$$\frac{7,85}{7,85} = \text{NaOH} + \text{NaOH}$$

$$\frac{7,85}{\text{NaOH}} = 2 \text{ NaOH}$$

$$\frac{\text{NaOH}}{\text{Na}_2\text{SiO}_3} = \text{Na}_2\text{SiO}_3 = 3,92 \text{ gram}$$

c. Menentukan massa sukrosa

Dalam penelitian yang disajikan oleh Andri Kusbiantoro (2012) disebutkan bahwa penambahan sukrosa sebagai campuran telah menunda waktu setting awal 10 menit untuk 1,5% dan 15 menit untuk 2,5%. Jika 2,5% terhadap aktivator dapat menghasilkan 15 menit maka kami mencoba melakukan analisa dengan menggunakan penambahan 2,5%, 5% dan 10%. Adapun perhitungannya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Massa 1 binder} &= \text{berat volume beton} \times \text{vol. beton} \\ &= 2,4 \text{ gr/cm}^3 \times 12,56 \text{ cm}^3 \\ &= 30,144 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa aktivator} &= 26\% \times \text{massa 1 binder} \\ &= 26 \% \times 30,144 \text{ gram} \\ &= 7,84 \text{ gram} \end{aligned}$$

Massa sukrosa 2.5%

$$\begin{aligned}
 \text{Massa sukrosa kondisi I} &= 2,5\% \times \text{massa aktivator} \\
 &= 2,5\% \times 7,84 \text{ gram} \\
 &= 0,196 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa sukrosa kondisi II} &= 2,5\% \times (\text{massa aktivator} + \text{FA}) \\
 &= 2,5\% \times (7,84 + 22,31) \text{ gram} \\
 &= 0,76275 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

Massa sukrosa 5%

$$\begin{aligned}
 \text{Massa sukrosa kondisi I} &= 5\% \times \text{massa aktivator} \\
 &= 5\% \times 7,84 \text{ gram} \\
 &= 0,392 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa sukrosa kondisi II} &= 5\% \times (\text{massa aktivator} + \text{FA}) \\
 &= 5\% \times (7,84 + 22,31) \text{ gram} \\
 &= 1,5075 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

Massa sukrosa 10%

$$\begin{aligned}
 \text{Massa sukrosa kondisi I} &= 10\% \times \text{massa aktivator} \\
 &= 10\% \times 7,84 \text{ gram} \\
 &= 0,784 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa sukrosa kondisi II} &= 10\% \times (\text{massa aktivator} + \text{FA}) \\
 &= 10\% \times (7,84 + 22,31) \text{ gram} \\
 &= 3,015 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

3.4 Membuat Binder *Geopolymer* ukuran 20 mm x 40 mm

Setelah melakukan perhitungan mix desain seperti perhitungan di atas, maka selanjutnya yang akan dilakukan yaitu membuat binder *geopolymer*. Untuk setiap komposisi campuran, akan dibuat 12 benda uji.

Adapun data-data tersebut adalah sebagai berikut :

Tabel 3.1 Komposisi Binder Geopolimer 12 Molar

Komposisi Binder Geopolimer	Massa 1 Binder (gram)	Fly Ash (gram)	Larutan NaOH (gram)	Na_2SiO_3	Sukrosa (aktivator)	Sukrosa (aktivator + FA)
B 12 – 0.5	30.2	22.35	5.23	2.61	0.196	0.76275
B 12 – 1	30.2	22.35	3.92	3.92	0.196	0.76275

Tabel 3.2 Komposisi Binder Geopolimer 14 Molar

Komposisi Binder Geopolimer	Massa 1 Binder (gram)	Fly Ash (gram)	Larutan NaOH (gram)	Na_2SiO_3	Sukrosa (aktivator)	Sukrosa (aktivator + FA)
B 14 – 0.5	30.2	22.35	5.23	2.61	0.196	0.76275
B 14 - 1	30.2	22.35	3.92	3.92	0.196	0.76275

Tabel 3.3 Perhitungan Binder Geopolimer 12 dan 14 Molar

		$\text{Na}_2\text{SiO}_3 : \text{NaOH} = 0,5$		$\text{Na}_2\text{SiO}_3 : \text{NaOH} = 1$	
		I (A)	II (AF)	I (A)	II (AF)
Fly Ash (gr)		267.72	267.72	267.72	267.72
NaOH (gr)		62.76	62.76	47.04	47.04
Na_2SiO_3 (gr)		31.32	31.32	47.04	47.04
Sukrosa (gr)	2.5%	2.352	9.153	2.352	9.153
	5%	4.704	18.09	4.704	18.09
	10%	9.408	36.18	9.408	36.18

Keterangan :

Kondisi I : perhitungan sukrosa terhadap aktivator

Kondisi II : perhitungan sukrosa terhadap aktivator dan fly ash

Berikut ini langkah-langkah yang akan dilakukan untuk membuat binder *geopolymer* 12 Molar dengan perbandingan 0.5.

Menyiapkan alat dan bahan yang digunakan

- Alat
 1. Seperangkat alat mixer
 2. Keping
 3. Cetakan berukuran 20 mm x 40 mm
 4. Timba
 5. Timbangan digital
- Bahan
 1. NaOH 12 M
 2. Na_2SiO_3
 3. Fly Ash
 4. Sukrosa
 5. Oli
- Langkah-langkah
 1. Timbang fly ash, NaOH, Na_2SiO_3 dan sukrosa sesuai takaran. Kemudian masukkan fly ash ke dalam mixer untuk dihaluskan terlebih dahulu. Setelah halus masukkan NaOH sedikit demi sedikit. Jika sudah tercampur tambahkan sukrosa sesuai takaran diimbangi dengan masuknya Na_2SiO_3 . Aduk pasta selama kurang lebih 3 menit hingga campuran menjadi rata.
 2. Lumuri cetakan dengan oli, sebelum adonan dimasukkan ke dalam cetakan agar saat melepas cetakan tidak lengket.
 3. Masukkan adonan tersebut ke dalam cetakan.
 4. Ratakan permukaan binder tersebut.
 5. Cetakan bisa dilepas setelah binder sudah mengeras. Setelah itu, simpan binder di dalam wadah yang telah diberi label sesuai dengan komposisi yang telah dibuat.

Langkah-langkah tersebut digunakan untuk melakukan pembuatan binder *geopolymer* lain dengan komposisi yang berbeda.

Untuk mempermudah dalam melakukan suatu uji binder maka sebaiknya pemberian nama binder *geopolymer* dengan komposisi yang lainnya diberikan kode.



Gambar 3.2: cetakan binder geopolimer 2 x 4 cm



Gambar 3.3 : proses pencetakan binder geopolimer



Gambar 3.4 : binder geopolimer yang telah dicetak

3.5 Melakukan Curing untuk Binder Geopolymer ukuran 20 mm x 40 mm

Curing (perawatan) ini dilakukan untuk mencegah penguapan air yang berlebihan pada binder. Karena kandungan air atau pencampur dalam beton sangat mempengaruhi kekuatan dari beton itu sendiri. Curing ini dilakukan dengan cara menutupi

sampel beton dengan plastik dan dibiarkan dalam suatu ruangan selama 28 hari.

3.6 Melakukan test *Setting Time Binder Geopolymer* standart ASTM C191-01a

Test *setting time* ini diperlukan untuk mengetahui waktu pengikatan awal (mulai mengikat) dan pengikatan akhir (mulai mengeras) dari binder *geopolymer*. Pengetesan binder ini dilakukan berdasarkan ASTM C191-01a. Test *setting time* ini dilakukan setelah didapat data hasil test kuat tekan. Komposisi yang dimiliki kuat tekan optimum akan di test *setting time*.

Peralatan :

- ❖ Seperangkat alat vicat
- ❖ Timbangan digital
- ❖ Stopwatch
- ❖ Gelas takar
- ❖ Mixer
- ❖ Solet perata

Bahan :

1. NaOH 12 M
2. Na_2SiO_3
3. Fly Ash
4. Sukrosa

Prosedur pengujian :

- Timbang fly ash, NaOH, Na_2SiO_3 dan sukrosa sesuai takaran. Kemudian masukkan fly ash ke dalam mixer untuk dihaluskan terlebih dahulu. Setelah halus masukkan NaOH sedikit demi sedikit. Jika sudah tercampur tambahkan sukrosa sesuai takaran diimbangi dengan masuknya Na_2SiO_3 . Aduk pasta selama kurang lebih 3 menit hingga campuran menjadi rata.

- Jika pasta sudah tercampur, masukkan pasta ke dalam wadah vicat kemudian pasta diratakan menggunakan solet perata. Taruh jarum vicat diameter kecil (1mm), tunggu 5 menit.
- Setelah 5 menit, tempelkan ujung jarum dengan tengah permukaan pasta dan setelah 30 detik jarum di stop dan penurunan jarum di baca dan di catat.
- Angkat jarum vicat dan di lap jarumnya untuk membersihkan semen geopolimer yang menempel pada jarum vicat.
- Setelah 5 menit kedua di test lagi permukaan pasta tadi, akan tetapi letaknya digeser minimum berjarak 3 mm dari tempat test pertama.
- Jatuhkan jarum pada pasta dan setelah 30 detik, jarum di stop dan di baca berapa besar penurunnya untuk kemudian dicatat. Setelah itu jarum diangkat dan dilap agar tidak ada bekas pasta yang menempel pada jarum.
- Begitu seterusnya, setiap 5 menit ditest dan dicatat sampai penurunnya kurang dari 5 mm, maka percobaan dihentikan.



Gambar 3.5: Alat vicat tes

3.7 Uji UPV (*Ultrasonic Pulse Velocity Test*)

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui mutu beton dan homogenitas beton. Pada penelitian beton digunakan frekuensi antara 50 sampai dengan 60 KHz. Penempatan transducer untuk transmisi langsung akan memberikan hasil ketepatan maksimum dari pengukuran waktu jalar pulsa. Penempatan transducer untuk transmisi tidak langsung sangat dipengaruhi oleh lapisan permukaan. Cara ini tidak baik untuk meneliti kualitas beton, tetapi untuk meneliti pengembangan

kerusakan beton sangat baik.

Pulsa dari vibrasi longitudinal dihasilkan oleh electro accustical transducers, yang dihubungkan dengan salah satu permukaan beton yang diteliti. Setelah pulsa vibrasi longitudinal menyebrangi panjang (L) beton, pulsa vibrasi tersebut diubah menjadi signal elastik oleh transducers penerima dan *electronic timing circuit* mengubah waktu T dari pulsa yang diukur.

3.8 Melakukan test kuat tekan binder *geopolymer* ASTM C 823 – 75

Test kuat tekan binder *geopolymer* ini akan dilakukan pada usia beton 28 hari. Untuk setiap tes kuat tekan, digunakan 3 benda uji dari setiap komposisi. Hal ini dilakukan untuk keakuratan data tes tekan masing masing komposisi.

Test kuat tekan binder dilakukan di laboratorium beton D3 teknik sipil. Alat yang digunakan dalam melakukan test kuat tekan ini adalah *universal testing machine AU-5* dengan kapasitas beban 5 ton. Adapun beberapa prosedur yang dilakukan dalam melakukan test kuat tekan binder *geopolymer* ini, yaitu :

- ❖ Ratakan permukaan binder yang akan di test tekan dengan kertas gosok (amplas) agar gaya tekan pada binder lebih merata pada semua permukaan binder lebih merata pada semua permukaan binder
- ❖ Letakkan binder secara berdiri (vertikal) pada alat tekan dan pilih permukaan yang telah di amplas tadi sebagai permukaan yang terbebani.
- ❖ Mesin diturunkan secara perlahan dengan kecepatan konstan.
- ❖ Catat berapa besar kuat tekannya pada saat jarum merah mesin menunjukkan simpangan maksimum.

Besarnya angka yang ditunjukkan pada saat jarum merah mencapai simpangan maksimum merupakan beban (P) yang mampu dipikul binder dalam satuan Kgf, sehingga untuk mendapatkan kuat tekan yang diinginkan maka besarnya beban

dalam satuan Kgf tersebut harus dibebani dengan luas permukaan binder yang terbebani (A). Sehingga secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{P}{A} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \dots\dots\dots (3.1)$$



Gambar 3.6: Alat kuat tekan

dimana :

- σ = besar kuat tekan beton *geopolymer* (kg/cm²)
- P = besar beban beton yang membebani beton *geopolymer* (kg)
- A = luas yang terbebani oleh P (cm²)
- G = percepatan gravitasi = 9,8 m/s

3.9 Melakukan test porositas binder *geopolymer*

Tujuan :

Untuk mengetahui porositas yang berada dalam binder geopolimer

Peralatan :

- ❖ Timbangan digital
- ❖ Timbangan manual
- ❖ Timba
- ❖ Saringan

- ❖ Oven
- ❖ Termometer ruangan
- ❖ Wadah kaca
- ❖ Alat vakum

Bahan :

Benda uji silinder pasta dengan diameter yang telah ditentukan

Prosedur :

- ❖ Setelah benda uji berumur 28 hari, ambil binder dan taruh pada wadah kaca untuk di vakum selama 24 jam guna menghilangkan pori-pori pada binder tersebut.
- ❖ Selanjutnya masukkan air ke dalam alat vakum sampai benda uji terendam dengan selisih air minimal 20mm dan waktu memvakum minimal 6 jam
- ❖ Setelah itu, angkat binder dan keringkan
- ❖ Timbang binder dalam keadaan kering (berat di udara)
- ❖ Setelah ditimbang dalam keadaan kering, taruh binder pada saringan yang sebelumnya dicelupkan pada timba berisi air. Kemudian timbang dalam keadaan basah (berat di air).
- ❖ Timbang binder kemudian catat.
- ❖ Hitung hasil uji porositas dengan rumus sebagai berikut :

$$P = \frac{W_{sa} - W_d}{W_{sa} - W_{sw}} \times 100 \dots \dots \dots (3.2)$$

Dimana :

- P = Total Porositi (%)
- W_{sa} = Berat benda uji jenuh air di udara (gr)
- W_{sw} = Berat benda uji jenuh air di dalam air (gr)
- W_d = Berat benda uji setelah dioven pada suhu 105°C selama 24 jam (gr)

BAB IV

HASIL DAN ANALISA DATA

4.1 Umum

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai hasil-hasil dengan kesimpulan selama pengerjaan tugas akhir di laboratorium mengenai binder geopolimer.

Metode hasil dan analisa data ini akan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik kemudian dilakukan pembahasan mengenai hasil pemeriksaan material.

4.2 Hasil Pemeriksaan Material

Adapun hasil dari tes material yang digunakan adalah sebagai berikut :

4.2.1 Fly Ash

Fly ash yang digunakan dalam penelitian ini adalah fly ash dari Paiton. Adapun tes yang dilakukan terhadap material fly ash adalah tes uji komposisi senyawa kimia. Tes ini dilakukan untuk mengetahui senyawa yang terkandung oleh fly ash.

Tabel 4.1 Hasil Uji Komposisi Fly Ash Paiton

Jenis Senyawa	Kadar (%)
SiO ₂	31,71
Al ₂ O ₃	11,75
CaO	10,69
MgO	4,68
Na ₂ O	1,71
K ₂ O	1,31
TiO ₂	0,66
Fe ₂ O ₃	10,70
SO ₃	1,60
P ₂ O ₅	0,17
MnO	0,09
SrO	0,49
Total	75,57

Sumber : Hasil Analisa Fly Ash Paiton

Hasil analisa uji komposisi senyawa kimia fly ash ini diperoleh dari hasil uji komposisi fly ash yang dilakukan oleh Laboratorium Universitas Brawijaya, Malang.

Kadar kalsium dari fly ash Paiton adalah 10,69%, menurut ASTM C 618-84 fly ash yang memiliki kadar kalsium lebih dari 10% digolongkan dalam fly ash kelas C.

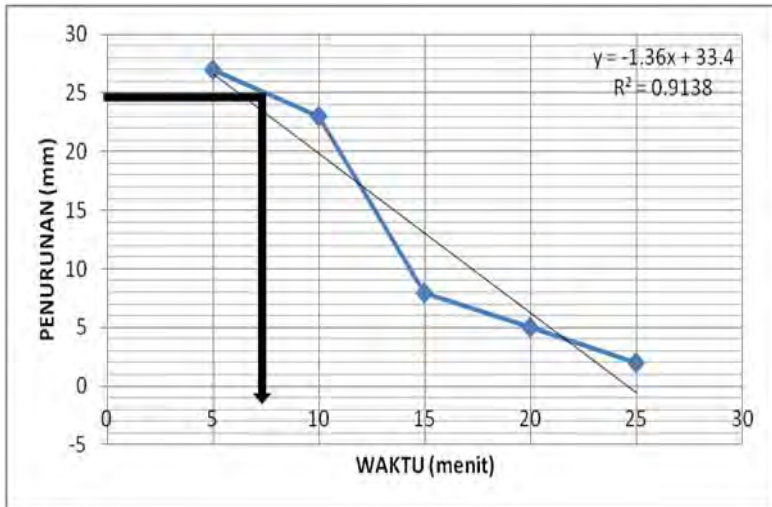
4.2.2 *Setting Time*

Tes *setting time* merupakan suatu uji untuk mengetahui waktu pengikatan awal dan pengikatan akhir pada pasta binder, dimana indikasi pengikatan awal terjadi ketika penurunan jarum vicat tercatat sebesar 25 mm. Sedangkan untuk pengikatan akhir tercatat kurang lebih 0 mm dengan kata lain tidak terjadi penurunan vicat.

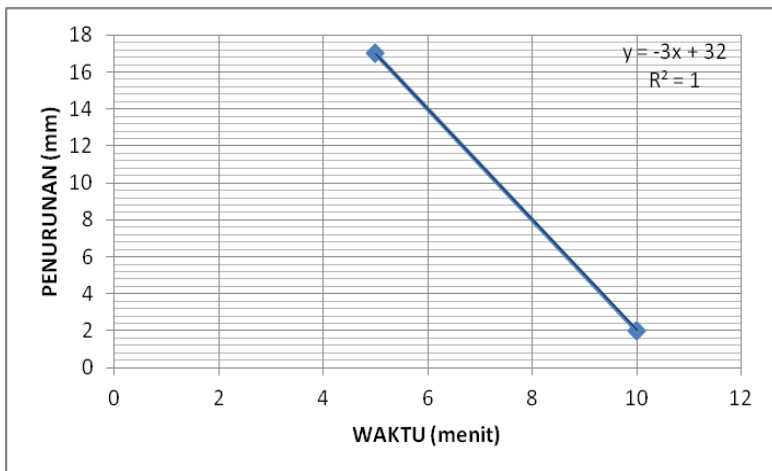
A. Tanpa sukrosa

Tabel 4.2 Hasil *Setting Time* Binder *Geopolymer* tanpa sukrosa

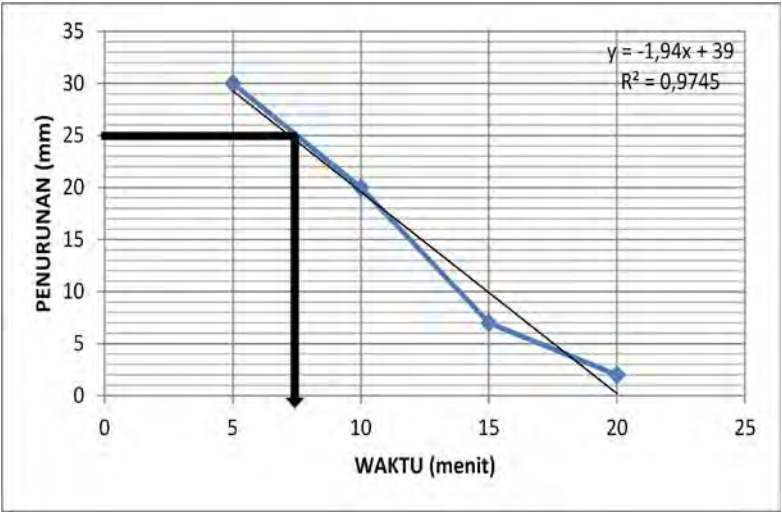
No	Kode	Waktu	Satuan	Penurunan	Satuan
1	B12 - 0,5	5	menit	27	mm
		10	menit	23	mm
		15	menit	8	mm
		20	menit	5	mm
		25	menit	2	mm
	RATA RATA	15	menit	13	mm
2	B12 - 1	5	menit	17	mm
		10	menit	2	mm
	RATA RATA	7.5	menit	9.5	mm
3	B14 - 0,5	5	menit	30	mm
		10	menit	20	mm
		15	menit	7	mm
		20	menit	2	mm
	RATA RATA	12.5	menit	14.75	mm
4	B14 - 1	5	menit	25	mm
		10	menit	5	mm
		15	menit	2	mm
	RATA RATA	10	menit	10.67	mm



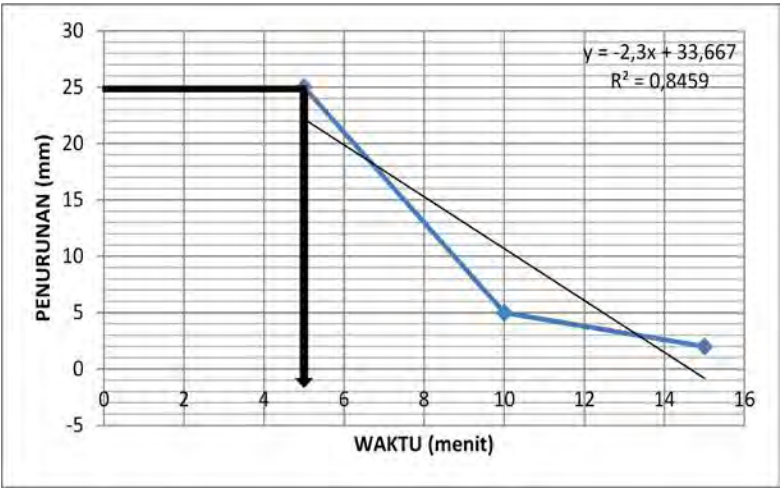
Grafik 4.1 Setting Time binder geopolymer B12-0,5 tanpa sukrosa



Grafik 4.2 Setting Time binder geopolymer B12-1 tanpa sukrosa



Grafik 4.3 Setting Time binder geopolymer B14-0,5 tanpa sukrosa

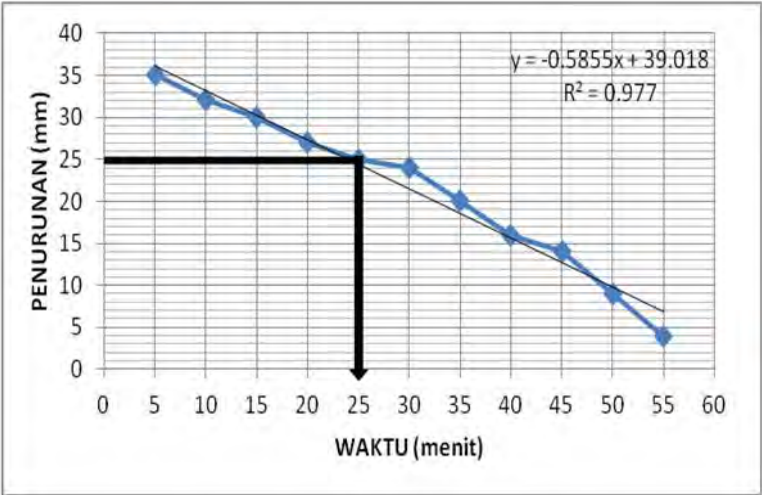


Grafik 4.4 Setting Time binder geopolymer B14-1 tanpa sukrosa

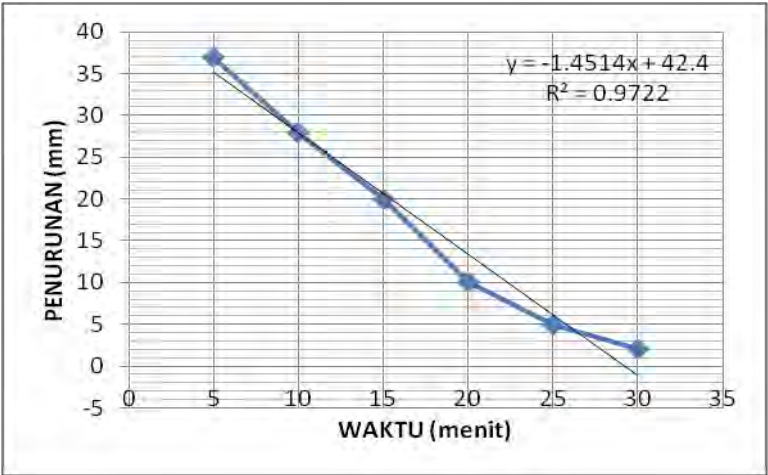
B. Penambahan sukrosa 2,5% terhadap aktivator

Tabel 4.3 Hasil *Setting Time* Binder *Geopolymer* dengan penambahan sukrosa 2,5% terhadap aktivator

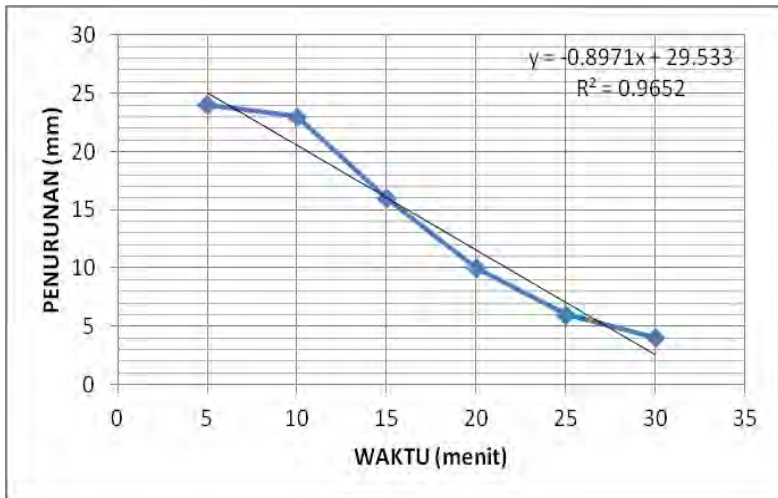
No	Kode	Waktu	Satuan	Penurunan	Satuan
1	B12-0,5	5	menit	35	mm
		10	menit	32	mm
		15	menit	30	mm
		20	menit	27	mm
		25	menit	25	mm
		30	menit	24	mm
		35	menit	20	mm
		40	menit	16	mm
		45	menit	14	mm
		50	menit	9	mm
		55	menit	4	mm
	RATA RATA	30	menit	21.45	mm
2	B12-1	5	menit	37	mm
		10	menit	28	mm
		15	menit	20	mm
		20	menit	10	mm
		25	menit	5	mm
		30	menit	2	mm
	RATA RATA	17.5	menit	19.969697	mm
3	B14-0,5	5	menit	24	mm
		10	menit	23	mm
		15	menit	16	mm
		20	menit	10	mm
		25	menit	6	mm
		30	menit	4	mm
	RATA RATA	17.5	menit	13.8333333	mm
4	B14-1	5	menit	37	mm
		10	menit	36	mm
		15	menit	23	mm
		20	menit	7	mm
	RATA RATA	12.5	menit	25.75	mm



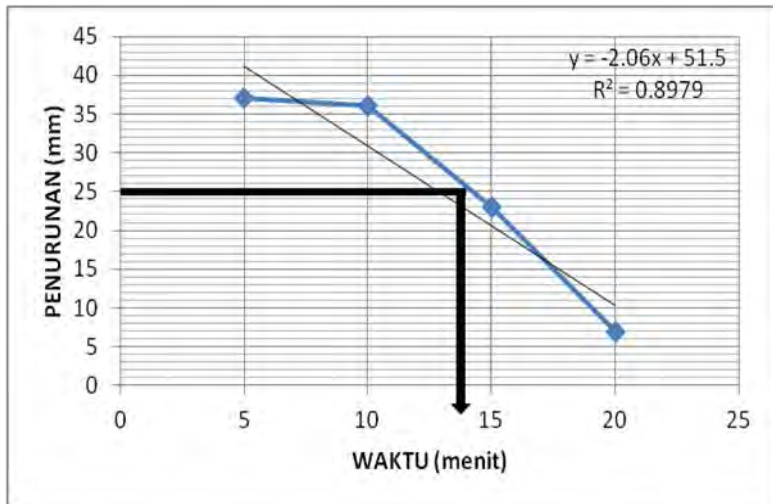
Grafik 4.5 Setting Time binder geopolymer B12-0,5 dengan penambahan sukrosa 2,5%



Grafik 4.6 Setting Time binder geopolymer B12-1 dengan penambahan sukrosa 2,5%



Grafik 4.7 Setting Time binder geopolimer B14-0,5 dengan penambahan sukrosa 2,5%



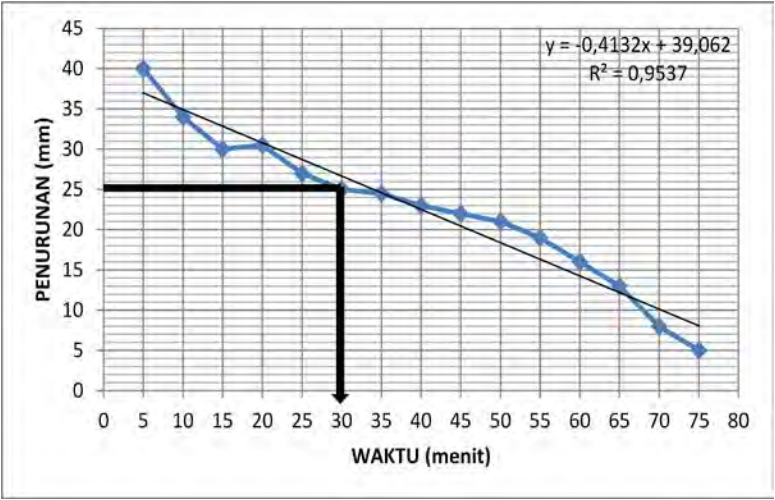
Grafik 4.8 Setting Time binder geopolimer B14-1 dengan penambahan sukrosa 2,5%

C. Penambahan sukrosa 2,5% terhadap aktivator dan fly ash

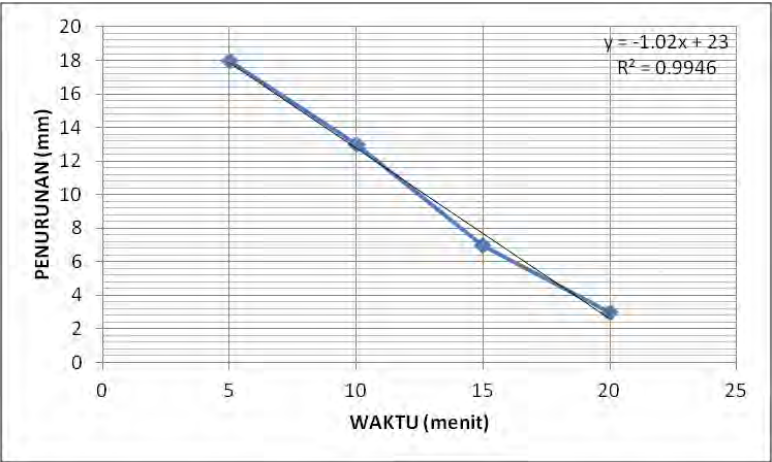
Tabel 4.4 Hasil *Setting Time* Binder *Geopolymer* dengan penambahan sukrosa 2,5% terhadap aktivator dan *fly ash*

No	Kode	Waktu	Satuan	Penurunan	Satuan
1	B12-0,5	5	menit	40	mm
		10	menit	34	mm
		15	menit	30	mm
		20	menit	30.5	mm
		25	menit	27	mm
		30	menit	25	mm
		35	menit	24.5	mm
		40	menit	23	mm
		45	menit	22	mm
		50	menit	21	mm
		55	menit	19	mm
		60	menit	16	mm
		65	menit	13	mm
		70	menit	8	mm
		75	menit	5	mm
	RATA RATA	40	menit	22.5333333	mm
2	B12 - 1	5	menit	18	mm
		10	menit	13	mm
		15	menit	7	mm
		20	menit	3	mm
	RATA RATA	12.5	menit	10.25	mm

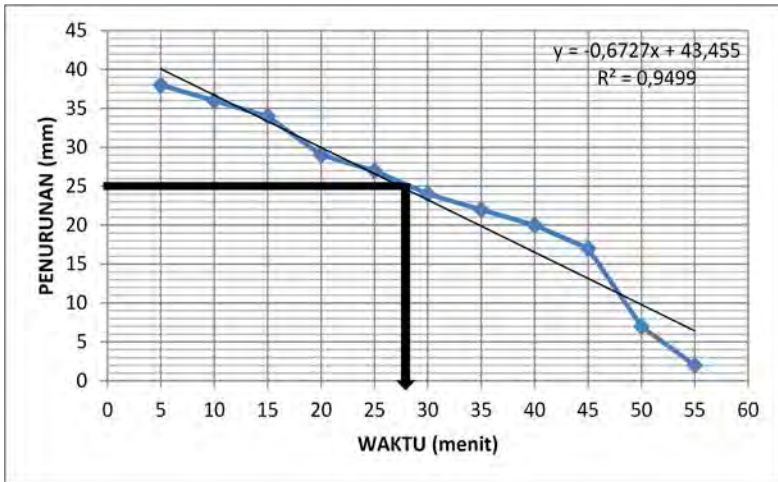
3	B14 - 0,5	5	menit	38	mm
		10	menit	36	mm
		15	menit	34	mm
		20	menit	29	mm
		25	menit	27	mm
		30	menit	24	mm
		35	menit	22	mm
		40	menit	20	mm
		45	menit	17	mm
		50	menit	7	mm
		55	menit	2	mm
	RATA RATA	30	menit	23.2727273	mm
4	B14- 1	5	menit	38	mm
		10	menit	26	mm
		15	menit	10	mm
		20	menit	6	mm
		25	menit	3	mm
	RATA RATA	15	menit	16.6	mm



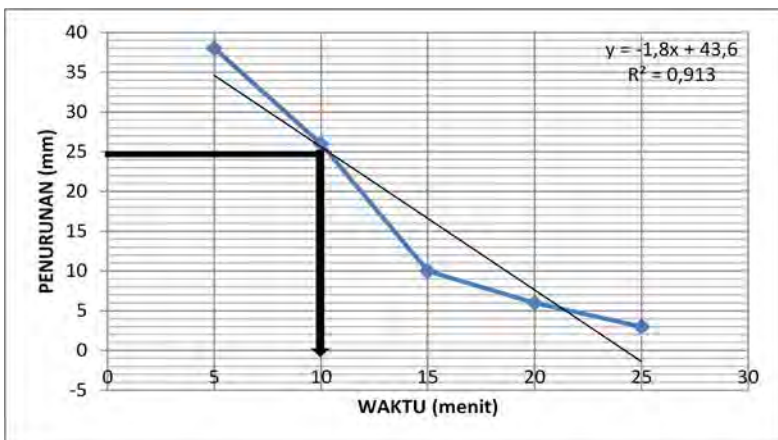
Grafik 4.9 Setting Time binder geopolymer B12-0,5 dengan penambahan sukrosa 2,5%



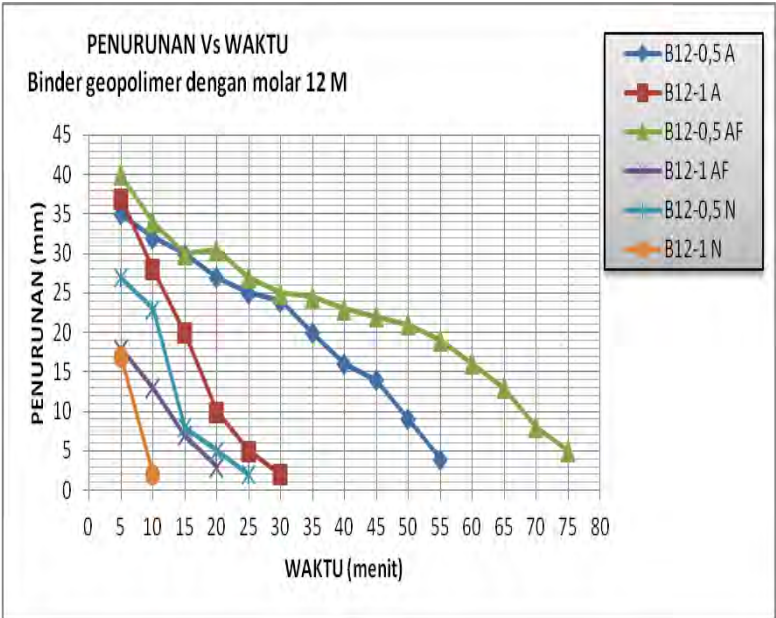
Grafik 4.10 Setting Time binder geopolymer B12-1 dengan penambahan sukrosa 2,5%



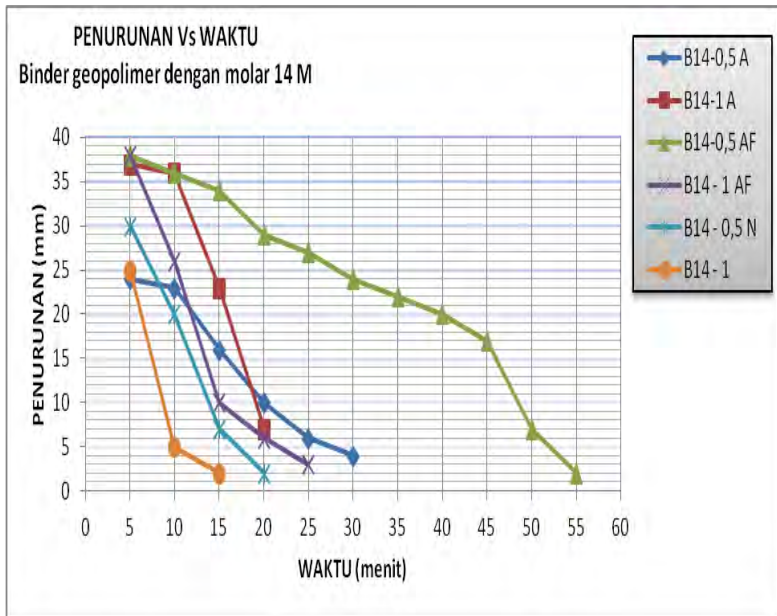
Grafik 4.11 Setting Time binder geopolimer B14-0,5 dengan penambahan sukrosa 2,5%



Grafik 4.12 Setting Time binder geopolimer B14-1 dengan penambahan sukrosa 2,5%



Grafik 4.13 Penurunan Setting Time binder geopolimer B12 M dengan penambahan sukrosa 2,5%



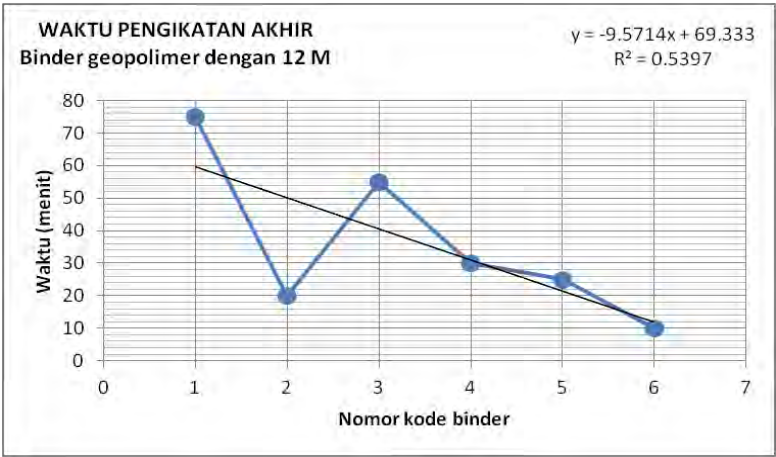
Grafik 4.14 Penurunan Setting Time binder geopolimer B14 M dengan penambahan sukrosa 2,5%

4.2.2.1 Waktu Pengikatan akhir binder geopolimer

A. Binder *geopolymer* 12 M dengan penambahan sukrosa 2,5%

Tabel 4.5 Hasil Pengikatan Binder *Geopolymer*12 M dengan penambahan sukrosa 2,5%

No	kode binder	waktu pengikatan akhir binder
1	B12 - 0,5 AF	75
2	B12 - 1 AF	20
3	B12 - 0,5 A	55
4	B12 - 1 A	30
5	B12 - 0,5 N	25
6	B12 - 1 N	10

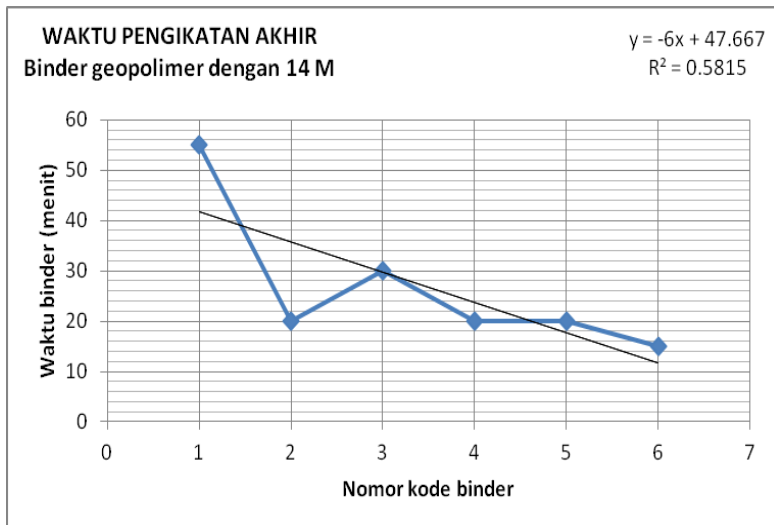


Grafik 4.15 Pengikatan akhir binder geopolimer B12 M dengan penambahan sukrosa 2,5%

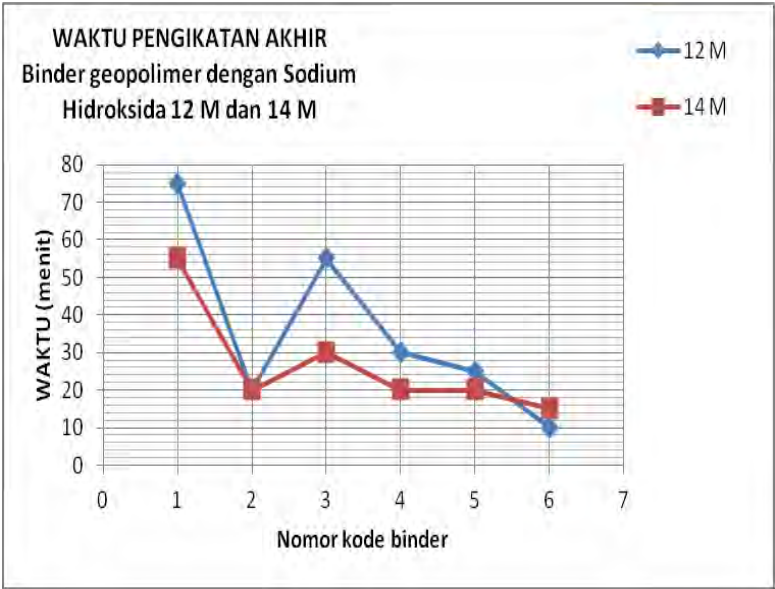
B. Binder *geopolymer* 14 M dengan penambahan sukrosa 2,5%

Tabel 4.6 Hasil Pengikatan Binder *Geopolymer* 14 M dengan penambahan sukrosa 2,5%

No	kode binder	waktu pengikatan akhir binder
1	B14 - 0,5 AF	55
2	B14 - 1 AF	20
3	B14 - 0,5 A	30
4	B14 - 1 A	20
5	B14 - 0,5 N	20
6	B14 - 1 N	15



Grafik 4.16 Pengikatan akhir binder *geopolymer* B14 M dengan penambahan sukrosa 2,5%



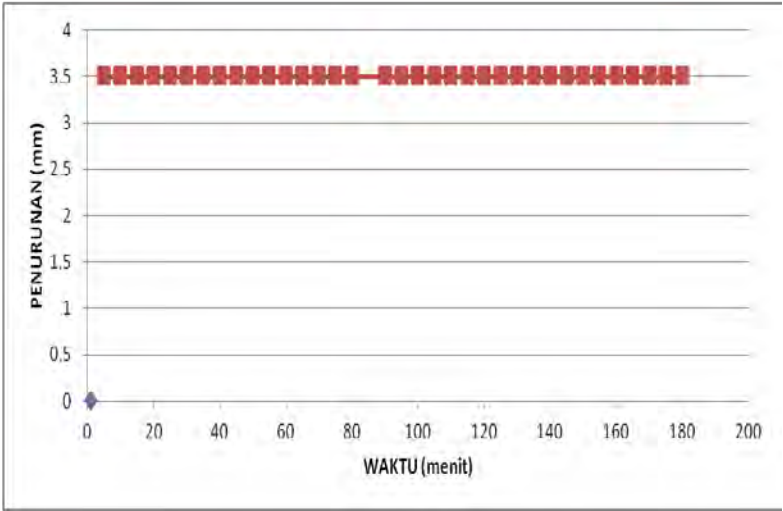
Grafik 4.17 Pengikatan akhir binder geopolimer B12M dan 14M dengan penambahan sukrosa 2,5%

4.2.2.2 Penambahan sukrosa 5 % terhadap aktivator dan fly ash

Tabel 4.7 Hasil *Setting Time* Binder *Geopolymer* dengan penambahan sukrosa 5% terhadap aktivator dan *fly ash*

Kode	Waktu	Satuan	Penurunan	Satuan
B12-0,5 AF	5	menit	3.5	mm
	10	menit	3.5	mm
	15	menit	3.5	mm
	20	menit	3.5	mm
	25	menit	3.5	mm
	30	menit	3.5	mm
	35	menit	3.5	mm
	40	menit	3.5	mm
	45	menit	3.5	mm
	50	menit	3.5	mm
	55	menit	3.5	mm
	60	menit	3.5	mm
	65	menit	3.5	mm
	70	menit	3.5	mm
	75	menit	3.5	mm
	80	menit	3.5	mm
	90	menit	3.5	mm
	95	menit	3.5	mm
	100	menit	3.5	mm
	105	menit	3.5	mm
	110	menit	3.5	mm
	115	menit	3.5	mm
	120	menit	3.5	mm
	125	menit	3.5	mm
	130	menit	3.5	mm
	135	menit	3.5	mm
	140	menit	3.5	mm

	145	menit	3.5	mm
	150	menit	3.5	mm
	155	menit	3.5	mm
	160	menit	3.5	mm
	165	menit	3.5	mm
	170	menit	3.5	mm
	175	menit	3.5	mm
	180	menit	3.5	mm



Grafik 4.18 Pengikatan akhir binder geopolymer B12M dan 14M dengan penambahan sukrosa 5%

4.2.2.3 Sukrosa 10 % terhadap aktivator dan fly ash

Pada penelitian 5% penambahan sukrosa terhadap aktivator dan fly ash dapat diketahui bahwa selama 180 menit tidak terjadi penurunan pada *setting time* binder *geopolymer*. Hal ini dikarenakan kombinasi Ca, Al dan Fe dalam campuran larut dari logam kompleks organik yang menutupi partikel abu terbang sehingga menunda proses *geopolymerization*.

Sedangkan pada penambahan sukrosa 10% kami tidak melakukan penelitian melihat pada penambahan sukrosa 5% tidak terjadi penurunan selama rentan waktu 3 jam.

4.2.3 Tes Porositas

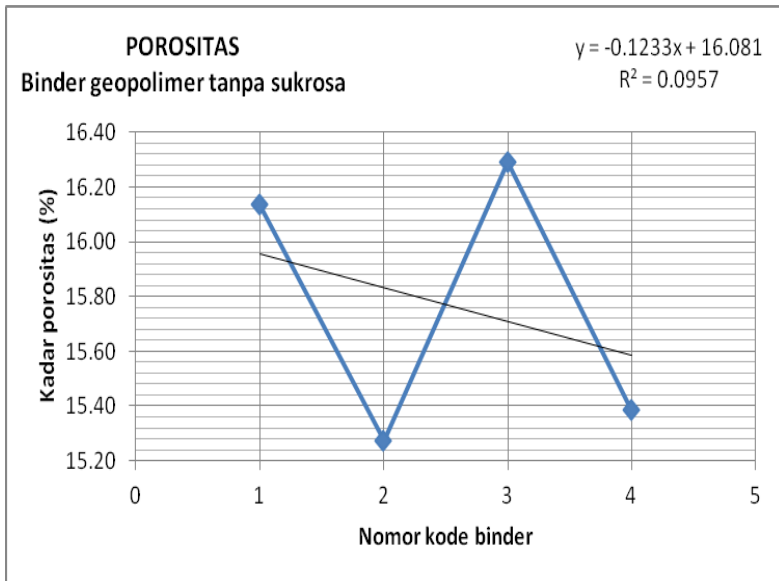
Tes porositas merupakan tes untuk mengetahui kadar pori dari suatu binder, dimana semakin besar kadar porinya maka semakin rendah mutu binder itu. Adapun hasil dan analisa mengenai kadar pori adalah sebagai berikut :

A. Tanpa sukrosa

Tabel 4.8 Hasil porositas binder *geopolymer* tanpa sukrosa

Kode binder	berat di udara	berat di air sebelum dikurangi berat tempat	berat tempat air	berat di air setelah dikurangi berat tempat	berat di oven	Satuan	porosity (%)
B12-0,5	55.8	491.1	473.3	17.8	50	gr	15.263158
	56.1	490.8		17.5	49.8	gr	16.321244
	55.9	490.4		17.1	51.9	gr	10.309278
	56.3	492.3		19	49.4	gr	18.498660
	56	493.1		19.8	47.7	gr	22.928177
	56.5	493.5		20.2	51.6	gr	13.498623
						RATA RATA	16.137
B12-1	54.3	491.2	473.3	17.9	49.9	gr	12.087912
	54.3	499		25.7	49.5	gr	16.783217
	54.8	495.2		21.9	49.8	gr	15.197568
	55	499		25.7	49.7	gr	18.088737
	54.4	498.8		25.5	49.4	gr	17.301038
	55.1	491.5		18.2	50.6	gr	12.195122
						RATA RATA	14.592

B14-0,5	55.1	484	456.5	27.5	50.6	gr	16.30434783
	56.3	483.5		27	51.8	gr	15.35836177
	52.3	481.5		25	48.2	gr	15.01831502
	51.4	481.5		25	46.9	gr	17.04545455
	51.5	481		24.5	46.9	gr	17.03703704
	51.6	481		24.5	47	gr	16.97416974
						RATA RATA	16.290
B14-1	55.8	482	456.5	25.5	51.5	gr	14.19141914
	55.6	485		28.5	51.3	gr	15.86715867
	53.8	485		28.5	49.4	gr	17.39130435
	55.9	484		27.5	51.8	gr	14.43661972
	55	484		27.5	50.7	gr	15.63636364
	54.7	483.5		27	50.6	gr	14.80144404
						RATA RATA	15.387



Grafik 4.19 Hasil Porositas Binder Geopolymer tanpa sukrosa

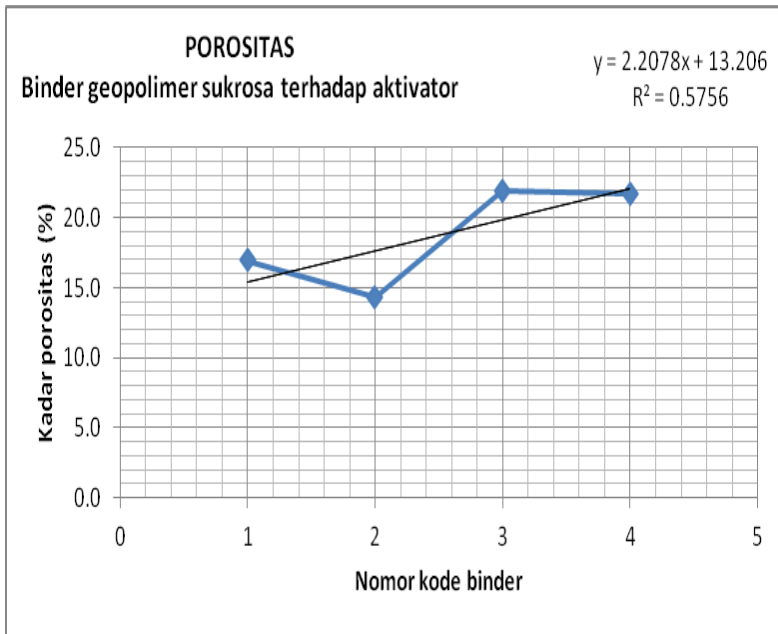
No.	Kode Binder
1	B12-0,5
2	B12-1
3	B14-0,5
4	B14-1

B. Penambahan sukrosa 2,5% terhadap aktivator

Tabel 4.9 Hasil porositas binder *geopolymer* dengan penambahan sukrosa 2,5% terhadap aktivator

Kode binder	berat di udara	berat di air sebelum dikurangi berat tempat	berat tempat air	berat di air setelah dikurangi berat tempat	berat di oven	Satuan	porosity (%)
B12-0,5	57.071	204.5	187.78	16.72	49.996	gr	17.53364229
	57.215	201		13.22	50.062	gr	16.25866576
	55.978	201.1		13.32	48.932	gr	16.5174176
	52.395	201		13.22	45.574	gr	17.41161455
	52.617	197	181.5	15.5	45.81	gr	18.33930544
	51.387	197		15.5	46.891	gr	12.52821356
						RATA RATA	16.9303
B12-1	58.091	202.1	187.78	14.32	51.874	gr	14.20346805
	56.807	200		12.22	50.879	gr	13.29535515
	57.080	204.7		16.92	50.92	gr	15.33864542
	53.370	200.5		12.72	47.774	gr	13.76629766
	58.273	191.5	181.5	10	51.498	gr	14.03476063
	57.062	194.5		13	50.41	gr	15.0969089
						RATA RATA	14.2892

B14 - 0,5	47.069	520	494.2	25.8	40.382	gr	31.44012412
	47.653	521.1		26.9	41.088	gr	31.63398063
	55.614	205.5	187.78	17.72	48.816	gr	17.93951549
	56.958	201.5		13.72	50.035	gr	16.01137888
	54.328	203.5		15.72	47.667	gr	17.25290095
	54.478	204		16.22	47.826	gr	17.38721313
						RATA RATA	21.9442
B14-1	53.396	523.3	494.2	29.1	47.256	gr	25.27164965
	55.257	525		30.8	49.02	gr	25.5019013
	53.244	524		29.8	47.179	gr	25.87015868
	50.676	522		27.8	44.812	gr	25.63385207
	53.739	193.2	181.5	11.7	47.863	gr	13.97749709
	53.071	193.9		12.4	47.307	gr	14.17226033
						RATA RATA	21.7379



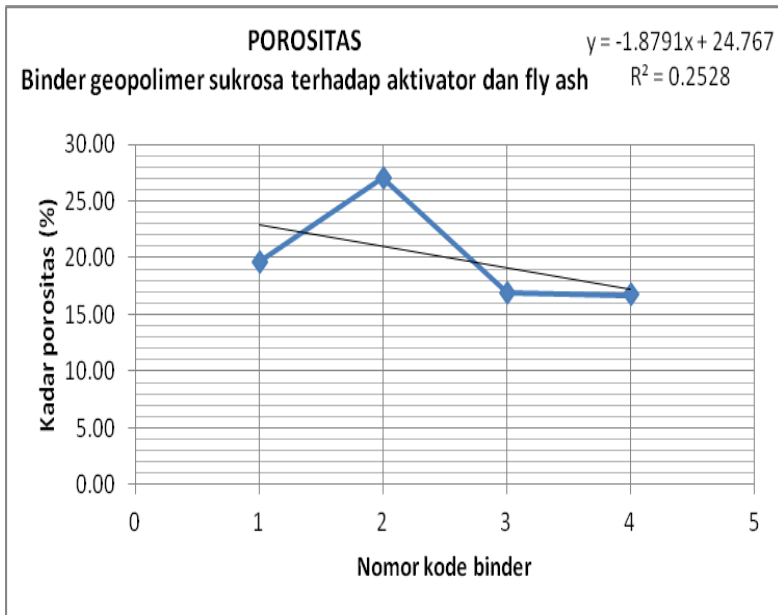
Grafik 4.20 Hasil Porositas Binder Geopolymer Sukrosa terhadap Aktivator dengan penambahan sukrosa 2,5%

C. Penambahan sukrosa 2,5% terhadap aktivator dan fly ash

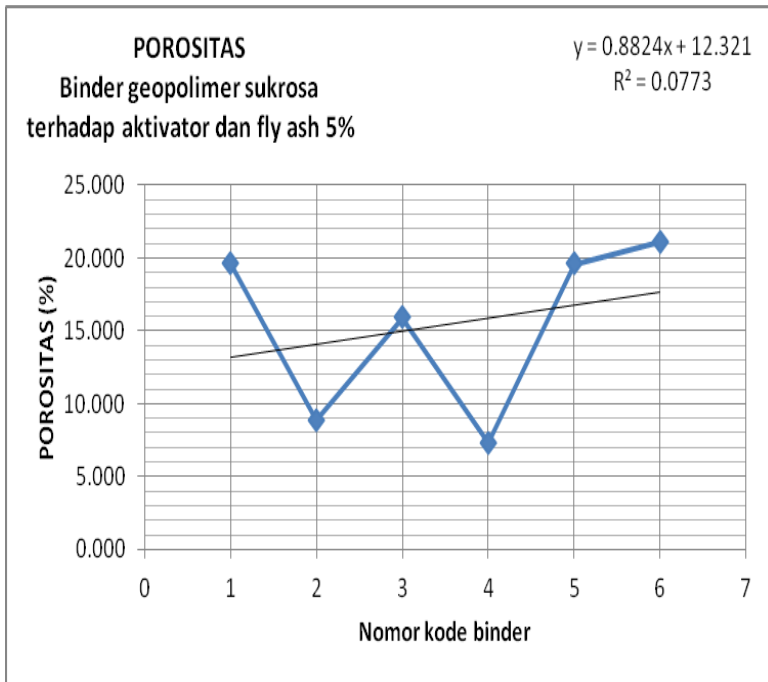
Tabel 4.10 Hasil porositas binder *geopolymer* dengan penambahan sukrosa 2,5% terhadap aktivator dan *fly ash*

Kode binder	berat di udara	berat di air sebelum dikurangi berat tempat	berat tempat air	berat di air setelah dikurangi berat tempat	berat di oven	Satuan	porosity (%)
B12-0,5	48.79	230.5	218.5	12	40.652	gr	22.12014134
	49.002	233.7		15.2	42.13	gr	20.33015798
	50.231	232.7		14.2	43.073	gr	19.86622631
	48.987	237		18.5	42.13	gr	22.49155378
	54.522	193.5	181.5	12	45.832	gr	20.43647994
	52.682	193.5		12	47.64	gr	12.39368763
						RATA RATA	19.6064
B12-1	45.699	232	218.5	13.5	38.924	gr	21.04102612
	49.426	233		14.5	35.557	gr	39.70967188
	48.213	234		15.5	38.883	gr	28.52077156
	47.600	231		12.5	38.100	gr	27.06552707
	46.700	232.3		13.8	38.700	gr	24.31610942
	43.024	234.5		16	37.204	gr	21.53641208
						RATA RATA	27.0316

B14-0,5	51.286	193.6	181.5	12.1	45.954	gr	13.60690042
	49.097	193.6		12.1	44.166	gr	13.32810768
	51.382	203	187.78	15.22	44.407	gr	19.28820309
	52.937	203.6		15.82	45.778	gr	19.28765795
	51.298	201.5		13.72	44.359	gr	18.46559157
	53.585	200		12.22	46.309	gr	17.58974979
						RATA RATA	16.9277
B14-1	51.082	190.8	181.5	9.3	44.466	gr	15.83456991
	51.142	191.5		10	44.396	gr	16.39686938
	53	201.5	187.78	13.72	46.353	gr	16.92209776
	54.864	202		14.22	47.99	gr	16.91270544
	57.2	203.5		15.72	50.092	gr	17.13596914
	53.335	202		14.22	46.661	gr	17.06250799
						RATA RATA	16.7108



Grafik 4.21 Hasil Porositas Binder Geopolymer Sukrosa terhadap Aktivator dan Fly Ash dengan penambahan sukrosa 2,5%

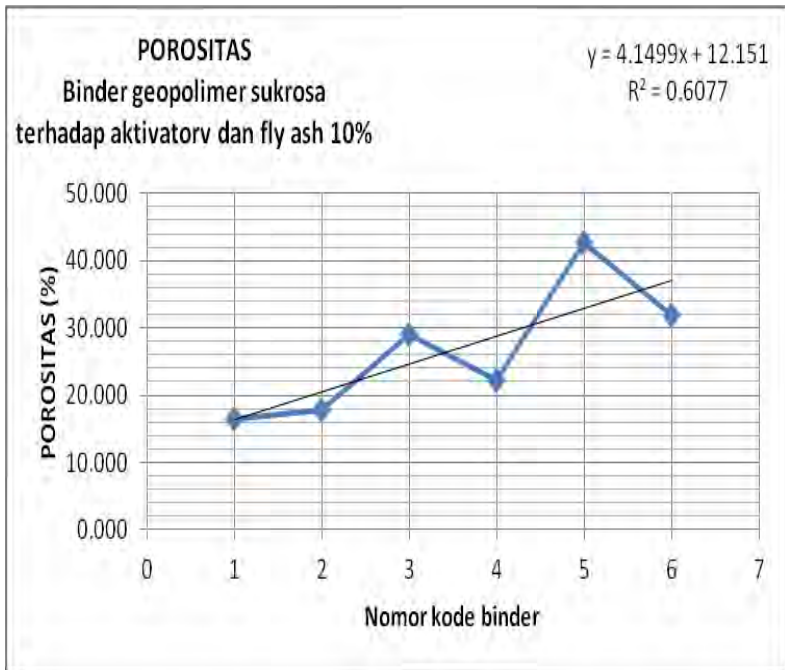


Grafik 4.22 Hasil Porositas Binder Geopolymer Penambahan Sukrosa 5% terhadap Aktivator dan Fly Ash

4.2.3.2 Penambahan sukrosa 10 % terhadap aktivator dan fly ash

Tabel 4.12 Hasil porositas binder *geopolymer* dengan penambahan sukrosa 10% terhadap aktivator dan *fly ash*

Kode binder	Berat di udara	Berat di air sebelum dikurangi berat tempat	Berat tempat air	Berat di air setelah dikurangi berat tempat	Berat di oven	Satuan	Porosity	Satuan
B12-0.5 10%	49.4	355	339.6	15.4	43.8	gr	16.471	%
	50.6	356.3		16.7	44.6	gr	17.699	%
	54	357.8		18.2	43.6	gr	29.050	%
	50.6	361.4		21.8	44.2	gr	22.222	%
	54.6	361.7		22.1	40.7	gr	42.769	%
	53.7	357.5		17.9	42.3	gr	31.844	%
rata rata							26.676	%



Grafik 4.23 Hasil Porositas Binder Geopolymer Penambahan Sukrosa 10% terhadap Aktivator dan Fly Ash

4.2.4 Tes UPV

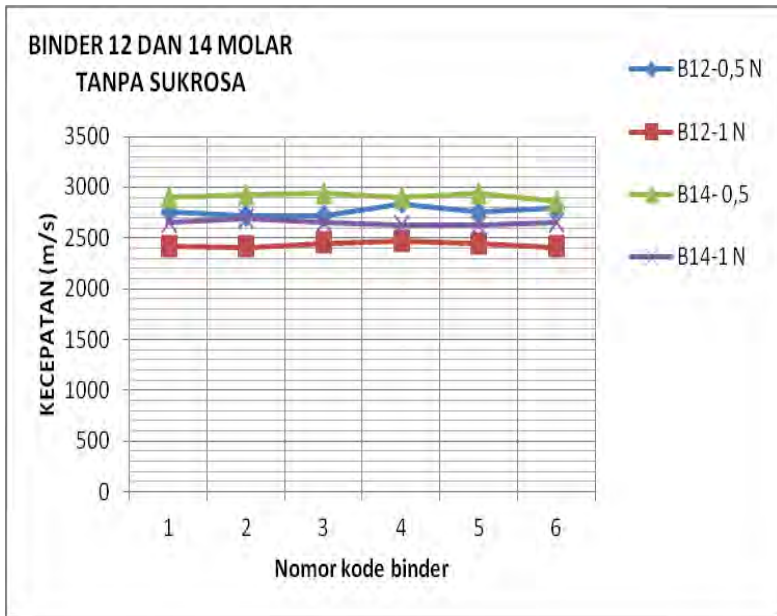
UPV adalah pengujian kekuatan tekan beton secara tidak langsung, melalui pengukuran kecepatan perambatan gelombang elektronik longitudinal pada media beton.

A. Tanpa sukrosa

Tabel 4.13 Hasil UPV binder *geopolymer* tanpa sukrosa

Nomor	Kode binder	hasil upv		
		t	l (m)	v (m/s)
1	B12-0,5	14.5	0.04	2760
		14.7	0.04	2720
		14.7	0.04	2720
		14.1	0.04	2840
		14.5	0.04	2760
		14.3	0.04	2800
	RATA RATA	14.467	RATA RATA	2766.667
2	B12-1	16.5	0.04	2420
		16.6	0.04	2410
		16.3	0.04	2450
		16.2	0.04	2470
		16.4	0.04	2440
		16.6	0.04	2410
	RATA RATA	16.43333	RATA RATA	2433.333

3	B14-0,5	13.8	0.04	2900
		13.7	0.04	2920
		13.6	0.04	2940
		13.8	0.04	2900
		15.5	0.04	2940
		14	0.04	2860
	RATA RATA	14.06667	RATA RATA	2910
4	B14-1	15.1	0.04	2650
		14.9	0.04	2690
		15.1	0.04	2650
		15.2	0.04	2630
		15.2	0.04	2630
		15.1	0.04	2650
	RATA RATA	15.1	RATA RATA	2650



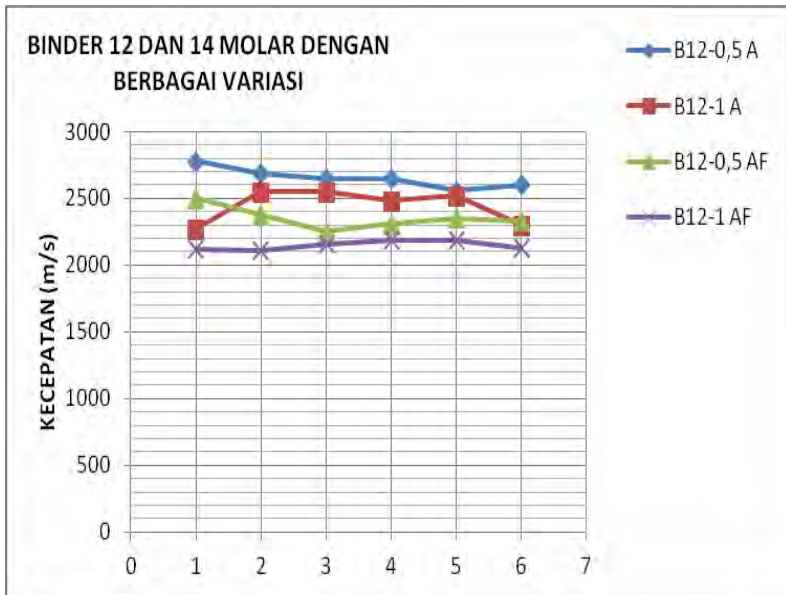
Grafik 4.24 Hasil Tes UPV Binder Geopolymer Tanpa Sukrosa

B. Penambahan sukrosa 2,5% terhadap aktivator

Tabel 4.14 Hasil UPV binder *geopolymer* dengan penambahan sukrosa 2,5% terhadap aktivator

No	Kode binder	hasil upv		
		t	l	v
1	B12-0.5	14.4	0.04	2780
		14.9	0.04	2690
		15.1	0.04	2650
		15.1	0.04	2650
		15.6	0.04	2560
		15.4	0.04	2600
	RATA RATA	15.08333	RATA RATA	2655
2	B12-1	17.6	0.04	2270
		15.7	0.04	2550
		15.7	0.04	2550
		16.1	0.04	2480
		15.9	0.04	2520
		17.4	0.04	2300
	RATA RATA	16.4	RATA RATA	2445
3	B14-0,5	14.1	0.04	2840
		15.6	0.04	2560
		15	0.04	2670
		13.9	0.04	2880
		17.3	0.04	2310
		15.1	0.04	2650
	RATA RATA	15.16667	RATA RATA	2651.667

4	B14-1	15.1	0.04	2650
		15.3	0.04	2610
		16.4	0.04	2440
		16.2	0.04	2470
		16.2	0.04	2470
		16.4	0.04	2440
	RATA RATA	15.93333	RATA RATA	2513.333



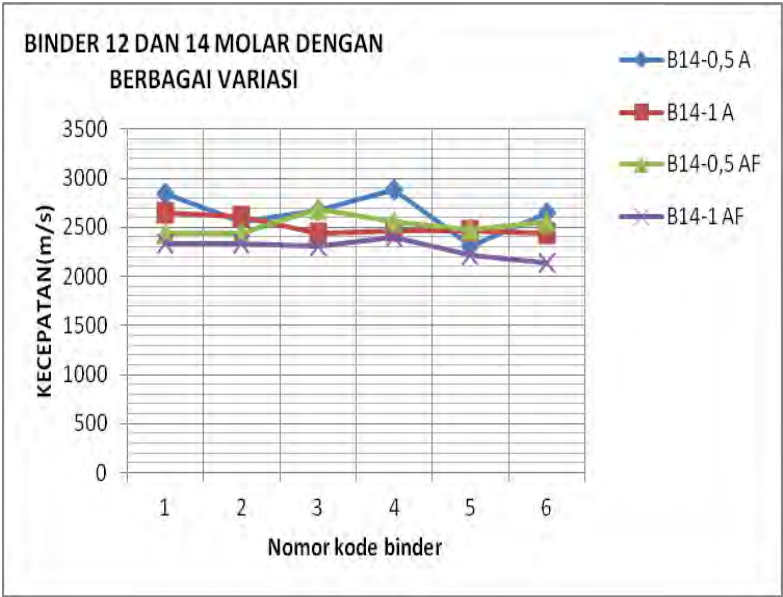
Grafik 4.25 Hasil Tes UPV Binder Geopolymer Sukrosa terhadap Aktivator dengan penambahan sukrosa 2,5%

C. Penambahan sukrosa 2,5% terhadap aktivator dan fly ash

Tabel 4.15 Hasil UPV binder *geopolymer* dengan penambahan sukrosa 2,5% terhadap aktivator dan fly ash

Nomor	Kode binder	hasil upv		
		t	l (m)	v
1	B12-0.5	16	0.04	2500
		16.8	0.04	2380
		17.8	0.04	2250
		17.3	0.04	2310
		17	0.04	2350
		17.2	0.04	2330
	RATA RATA	17.01667	RATA RATA	2353.333
2	B12-1	18.9	0.04	2120
		19	0.04	2110
		18.5	0.04	2160
		18.3	0.04	2190
		18.3	0.04	2190
		18.8	0.04	2130
	RATA RATA	18.63333	RATA RATA	2150
3	B14-0.5	16.4	0.04	2440
		16.4	0.04	2440
		14.9	0.04	2690
		15.6	0.04	2560
		16.1	0.04	2480
		15.6	0.04	2560
	RATA RATA	15.833	RATA RATA	2528.33

4	B14-1	17.2	0.04	2330
		17.1	0.04	2340
		17.3	0.04	2310
		16.7	0.04	2400
		18.1	0.04	2210
		18.7	0.04	2140
	RATA RATA	17.51667	RATA RATA	2288.333

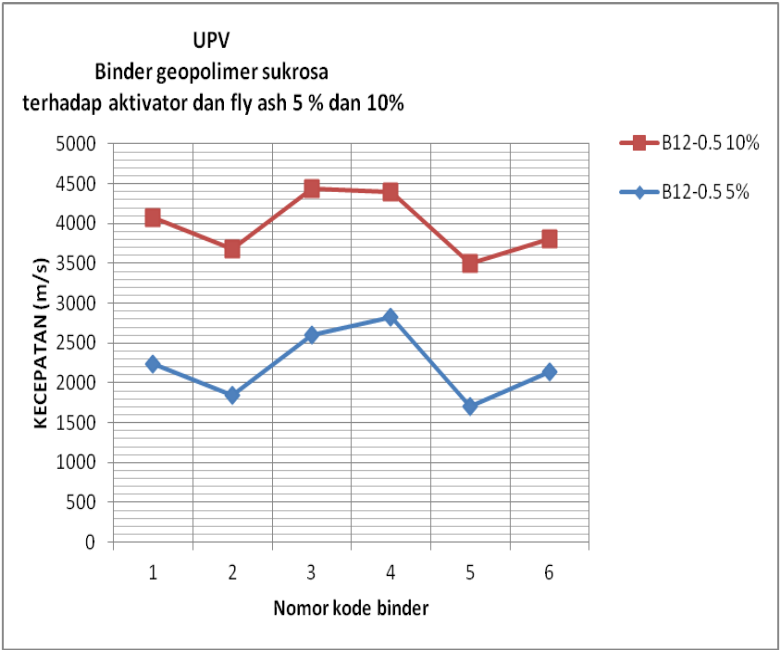


***Grafik 4.26** Hasil Tes UPV Binder Geopolymer Sukrosa terhadap Aktivator dan Fly Ash dengan penambahan sukrosa 2,5%*

4.2.4.1 Penambahan sukrosa 5 % dan 10% terhadap aktivator dan fly ash

Tabel 4.16 Hasil UPV binder *geopolymer* dengan penambahan sukrosa 5% dan 10% terhadap aktivator dan fly ash

Nomor	Kode binder	hasil upv			keterangan
		t	l (m)	v (m/s)	
1	B12-0.5 5%	17.9	0.04	2240	SUKROSA TERHADAP AKTIVATOR DAN FLY ASH 5 %
		21.6	0.04	1850	
		15.4	0.04	2600	
		14.2	0.04	2820	
		23.6	0.04	1700	
		18.7	0.04	2140	
	RATA RATA	18.56667	RATA RATA	2225	
2	B12-0.5 10%	21.9	0.04	1830	SUKROSA TERHADAP AKTIVATOR DAN FLY ASH 10 %
		21.9	0.04	1830	
		21.8	0.04	1840	
		25.3	0.04	1580	
		22.2	0.04	1800	
		23.9	0.04	1670	
	RATA RATA	20.5359	RATA RATA	1758.333	



Grafik 4.27 Hasil Tes UPV Binder Geopolymer Sukrosa terhadap Aktivator dan Fly Ash dengan penambahan sukrosa 5% dan 10%

4.2.5 Tes kuat tekan

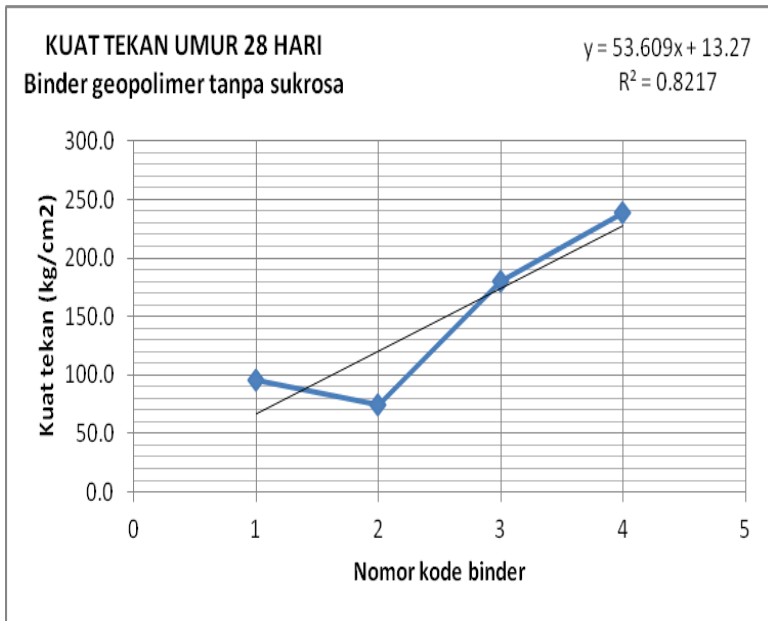
Pada sub bab ini akan dibahas mengenai tes tekan binder. Berikut akan ditampilkan hasil tes dari kuat tekan binder yang dilakukan di Laboratorium Uji Material Diploma III Teknik Sipil – FTSP – ITS Surabaya.

A. Tanpa sukrosa

Tabel 4.17 Hasil kuat tekan binder *geopolymer* tanpa sukrosa

No	Kode	Hasil kuat tekan	Satuan
1	B12-0,5 N	0.2	ton
		0.1	ton
		0.5	ton
		0.4	ton
		0.5	ton
		0.1	ton
	RATA	0.3000	ton
	RATA	95.5414	kg/cm ²
		9.5541	N/mm ²
2	B12-1 N	0.3	ton
		0.3	ton
		0.3	ton
		0.1	ton
		0.1	ton
		0.3	ton
	RATA	0.2333	ton
	RATA	74.3100	kg/cm ²
		7.4310	N/mm ²

3	B14-0,5 N	0.3	ton
		1.2	ton
		0.2	ton
		0.4	ton
		0.2	ton
		1.1	ton
	RATA	0.5667	ton
	RATA	180.4671	kg/cm ²
		18.0467	N/mm ²
4	B14-1 N	0.4	ton
		1.1	ton
		0.2	ton
		0.2	ton
		2	ton
		0.6	ton
	RATA	0.75	ton
	RATA	238.8535	kg/cm ²
		23.8854	N/mm ²



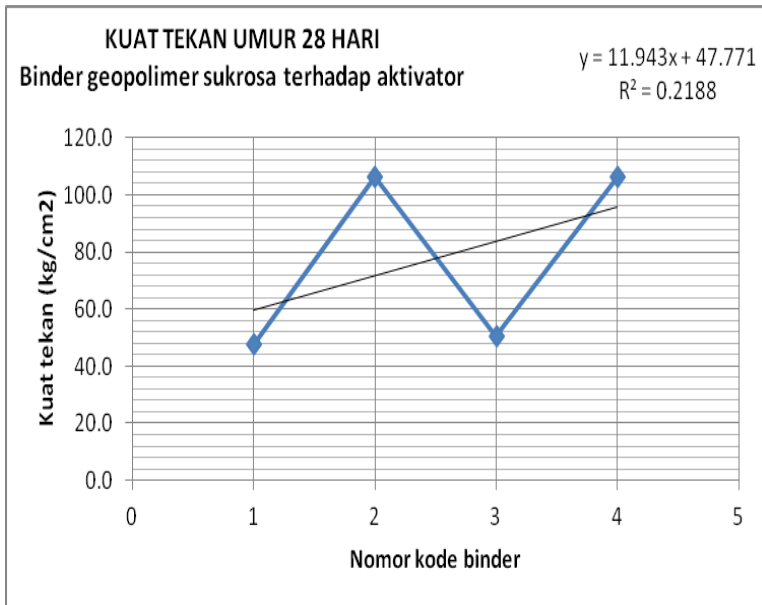
Grafik 4.28 Hasil Tes Kuat Tekan Binder Geopolymer tanpa Sukrosa

B. Penambahan sukrosa 2,5% terhadap aktivator

Tabel 4.18 Hasil kuat tekan binder *geopolymer* dengan penambahan sukrosa 2,5% terhadap aktivator

No	Kode	Hasil kuat tekan	Satuan
1	B12-0,5	0.1	ton
		0.3	ton
		0.2	ton
		0.1	ton
		0.1	ton
		0.1	ton
	RATA RATA	0.150	ton
		47.771	kg/cm ²
		4.777	N/mm ²
2	B12 - 1	0.2	ton
		0.2	ton
		0.1	ton
		0.1	ton
		1.3	ton
		0.1	ton
	RATA RATA	0.333	ton
		106.157	kg/cm ²
		10.616	N/mm ²
	B14-0,5	0.2	ton
		0.2	ton
		0.2	ton
		0.1	ton
		0.1	ton
		0.15	ton
	RATA RATA	0.158	ton
		50.425	kg/cm ²
		5.042	N/mm ²

4	B14-1	0.4	ton
		0.2	ton
		0.2	ton
		0.4	ton
		0.6	ton
		0.2	ton
	RATA RATA	<i>0.33333333</i>	ton
		<i>106.157</i>	kg/cm ²
		<i>10.616</i>	N/mm ²



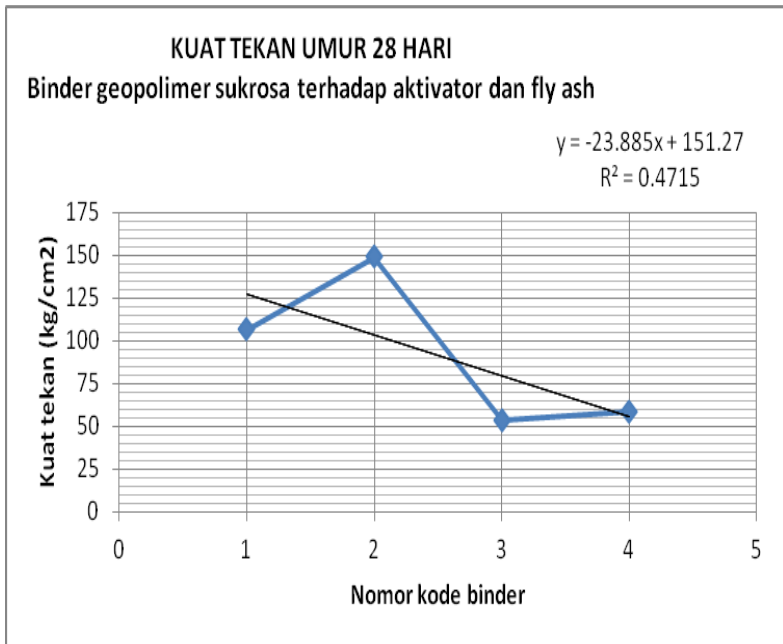
Grafik 4.29 Hasil Tes Kuat Tekan Binder Geopolymer Sukrosa terhadap Aktivator dengan penambahan sukrosa 2,5%

C. Penambahan sukrosa 2,5% terhadap aktivator dan fly ash

Tabel 4.19 Hasil kuat tekan binder *geopolymer* dengan penambahan sukrosa 2,5% terhadap aktivator dan fly ash

No	Kode	Hasil kuat tekan	Satuan
1	B12 - 0,5	0.4	ton
		0.1	ton
		1	ton
		0.1	ton
		0.2	ton
		0.2	ton
	RATA	0.333333333	ton
	RATA	106.1571125	kg/cm ²
		10.61571125	N/mm ²
2	B12- 1	0.3	ton
		0.3	ton
		0.3	ton
		0.3	ton
		1.4	ton
		0.2	ton
		0.2	ton
	RATA	0.466666667	ton
	RATA	148.620	kg/cm ²
		14.862	N/mm ²
		0.2	ton
		0.1	ton
		0.2	ton
		0.2	ton
		0.1	ton
		0.2	ton
		0.2	ton
	RATA	0.166666667	ton
	RATA	53.07855626	kg/cm ²
		5.307855626	N/mm ²

4	B14-1	0.1	ton
		0.1	ton
		0.2	ton
		0.3	ton
		0.3	ton
		0.1	ton
	RATA	<i>0.183</i>	ton
	RATA	<i>58.386</i>	kg/cm ²
		<i>5.839</i>	N/mm ²

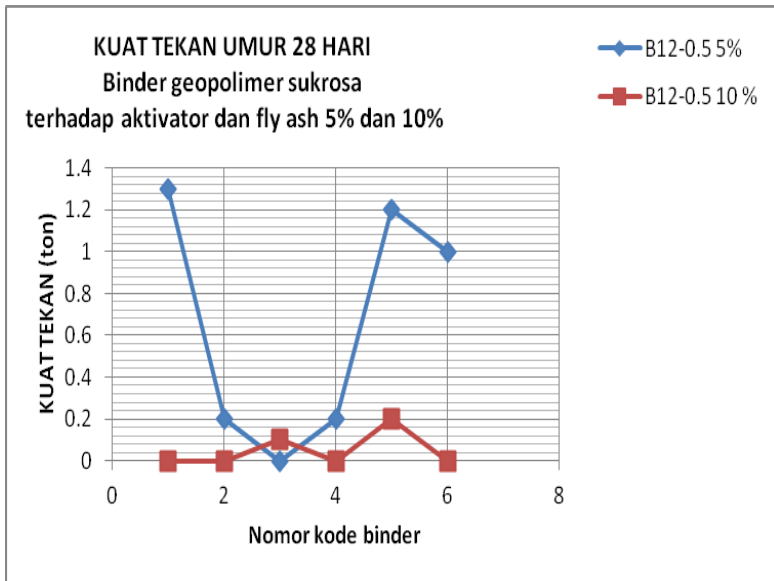


Grafik 4.30 Hasil Tes Kuat Tekan Binder Geopolymer Sukrosa terhadap Aktivator dan Fly Ash dengan penambahan sukrosa 2,5%

4.2.5.1 Penambahan sukrosa 5% dan 10% terhadap aktivator dan fly ash

Tabel 4.20 Hasil kuat tekan binder *geopolymer* dengan penambahan sukrosa 5% dan 10% terhadap aktivator dan fly ash

No	Kode	Hasil kuat tekan	Satuan
1	B12-0,5 AF 5%	1.3	ton
		0.2	ton
		0	ton
		0.2	ton
		1.2	ton
		1	ton
	RATA RATA	0.65	ton
		207.006	kg/cm ²
		20.701	N/mm ²
2	B12-0.5 10%	0	ton
		0	ton
		0.1	ton
		0	ton
		0.2	ton
		0	ton
	RATA RATA	0.05	ton
		15.92356688	kg/cm ²
		1.592356688	N/mm ²



Grafik 4.31 Hasil Tes Kuat Tekan Binder Geopolymer dengan Penambahan Sukrosa 5% dan 10% terhadap Aktivator dan Fly Ash

4.2.5.2 Perhitungan Kuat Tekan

A. Tanpa sukrosa

Tabel 4.21 Perhitungan Kuat Tekan Binder *Geopolymer* tanpa sukrosa

No. Binder	Nama Binder	r (cm)	t (cm)	Luas (cm ²)	Kuat Tekan (Ton)	Kuat Tekan (kg)	Hasil
1	B12-0,5	1	4	3.14	0.2	200	63.662
		1	4	3.14	0.1	100	31.831
		1	4	3.14	0.5	500	159.155
		1	4	3.14	0.4	400	127.324
		1	4	3.14	0.5	500	159.155
		1	4	3.14	0.1	100	31.831
2	B12-1	1	4	3.14	0.3	300	95.493
		1	4	3.14	0.3	300	95.493
		1	4	3.14	0.3	300	95.493
		1	4	3.14	0.1	100	31.831
		1	4	3.14	0.1	100	31.831
		1	4	3.14	0.3	300	95.493
3	B14-0,5	1	4	3.14	0.3	300	95.493
		1	4	3.14	1.2	1200	381.972
		1	4	3.14	0.2	200	63.662
		1	4	3.14	0.4	400	127.324
		1	4	3.14	0.2	200	63.662
		1	4	3.14	1.1	1100	350.141
4	B14-1	1	4	3.14	0.4	400	127.324
		1	4	3.14	1.1	1100	350.141
		1	4	3.14	0.2	200	63.662
		1	4	3.14	0.2	200	63.662
		1	4	3.14	2	2000	636.620
		1	4	3.14	0.6	600	190.986

B. Penambahan sukrosa 2,5% terhadap aktivator

Tabel 4.22 Perhitungan Kuat Tekan Binder *Geopolymer* dengan penambahan sukrosa 2,5% terhadap aktivator

No. Binder	Nama Binder	r (cm)	t (cm)	Luas (cm ²)	Kuat Tekan (Ton)	Kuat Tekan (kg)	Hasil
1	B12-0,5	1	4	3.14	0.1	100	31.831
		1	4	3.14	0.3	300	95.493
		1	4	3.14	0.2	200	63.662
		1	4	3.14	0.1	100	31.831
		1	4	3.14	0.1	100	31.831
		1	4	3.14	0.1	100	31.831
2	B12-1	1	4	3.14	0.2	200	63.662
		1	4	3.14	0.2	200	63.662
		1	4	3.14	0.1	100	31.831
		1	4	3.14	0.1	100	31.831
		1	4	3.14	1.3	1300	413.803
		1	4	3.14	0.1	100	31.831
3	B14-0,5	1	4	3.14	0.2	200	63.662
		1	4	3.14	0.2	200	63.662
		1	4	3.14	0.2	200	63.662
		1	4	3.14	0.1	100	31.831
		1	4	3.14	0.1	100	31.831
		1	4	3.14	0.15	150	47.746
4	B14-1	1	4	3.14	0.4	400	127.324
		1	4	3.14	0.2	200	63.662
		1	4	3.14	0.2	200	63.662
		1	4	3.14	0.4	400	127.324
		1	4	3.14	0.6	600	190.986
		1	4	3.14	0.2	200	63.662

C. Penambahan sukrosa 2,5% terhadap aktivator dan fly ash

Tabel 4.23 Perhitungan Kuat Tekan Binder *Geopolymer* dengan penambahan sukrosa 2,5% terhadap aktivator dan fly ash

No. Binder	Nama Binder	r (cm)	t (cm)	Luas (cm ²)	Kuat Tekan (Ton)	Kuat Tekan (kg)	Hasil
1	B12-0,5	1	4	3.14	0.4	400	127.324
		1	4	3.14	0.1	100	31.831
		1	4	3.14	1	1000	318.310
		1	4	3.14	0.1	100	31.831
		1	4	3.14	0.2	200	63.662
		1	4	3.14	0.2	200	63.662
2	B12-1	1	4	3.14	0.3	300	95.493
		1	4	3.14	0.3	300	95.493
		1	4	3.14	0.3	300	95.493
		1	4	3.14	0.3	300	95.493
		1	4	3.14	1.4	1400	445.634
		1	4	3.14	0.2	200	63.662
3	B14-0,5	1	4	3.14	0.2	200	63.662
		1	4	3.14	0.1	100	31.831
		1	4	3.14	0.2	200	63.662
		1	4	3.14	0.2	200	63.662
		1	4	3.14	0.1	100	31.831
		1	4	3.14	0.2	200	63.662
4	B14-1	1	4	3.14	0.1	100	31.831
		1	4	3.14	0.1	100	31.831
		1	4	3.14	0.2	200	63.662
		1	4	3.14	0.3	300	95.493
		1	4	3.14	0.3	300	95.493
		1	4	3.14	0.1	100	31.831

D. Penambahan sukrosa 5% dan 10% terhadap activator dan fly ash

Tabel 4.24 Perhitungan Kuat Tekan Binder *Geopolymer* dengan penambahan sukrosa 5% dan 10% terhadap aktivator dan fly ash

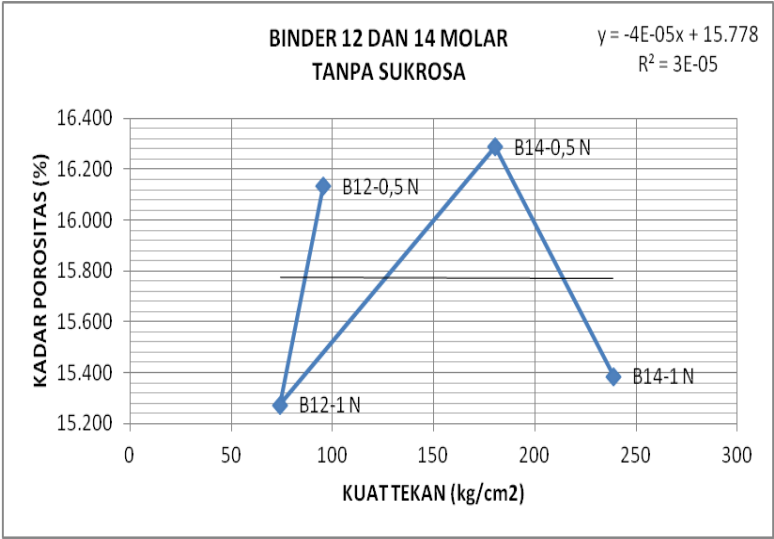
No. Binder	Nama Binder	r (cm)	t (cm)	Luas (cm ²)	Kuat Tekan (Ton)	Kuat Tekan (kg)	Hasil	Keterangan
1	B12-0.5	1	4	3.14	0.2	200	63.662	sukrosa 5%
		1	4	3.14	0.1	100	31.831	
		1	4	3.14	0.5	500	159.155	
		1	4	3.14	0.4	400	127.324	
		1	4	3.14	0.5	500	159.155	
		1	4	3.14	0.1	100	31.831	
2	B12-0.5	1	4	3.14	0.3	300	95.493	sukrosa 10%
		1	4	3.14	0.3	300	95.493	
		1	4	3.14	0.3	300	95.493	
		1	4	3.14	0.1	100	31.831	
		1	4	3.14	0.1	100	31.831	
		1	4	3.14	0.3	300	95.493	

4.2.6 Hubungan kuat tekan dan porositas

A. Tanpa sukrosa

Tabel 4.25 Data Kuat Tekan dan Porositas binder *geopolymer* tanpa sukrosa

BINDER GEOPOLIMER TANPA SUKROSA			
No	Kode Binder	Kuat tekan (kg/cm2)	porositas (%)
1	B12-0,5 N	95.541	16.137
2	B12-1 N	74.310	15.276
3	B14-0,5 N	180.467	16.290
4	B14-1 N	238.854	15.387

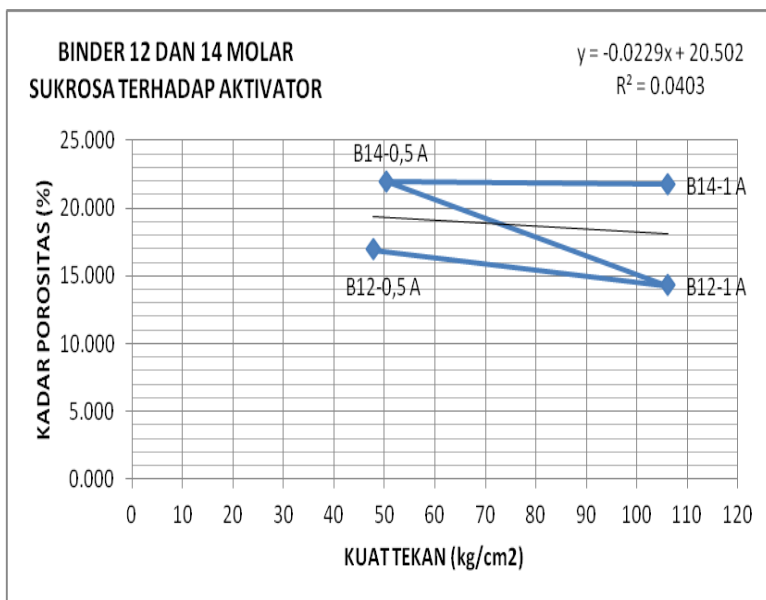


Grafik 4.32 Grafik Hubungan Kuat Tekan dan Porositas Binder Geopolymer

B. Penambahan sukrosa 2,5% terhadap aktivator

Tabel 4.26 Data Kuat Tekan dan Porositas binder *geopolymer* terhadap aktivator

BINDER GEOPOLIMER SUKROSA TERHADAP AKTIVATOR			
No	Kode Binder	Kuat tekan (kg/cm ²)	porositas (%)
1	B12-0,5 A	47.771	16.930
2	B12-1 A	106.157	14.289
3	B14-0,5 A	50.425	21.944
4	B14-1 A	106.157	21.738

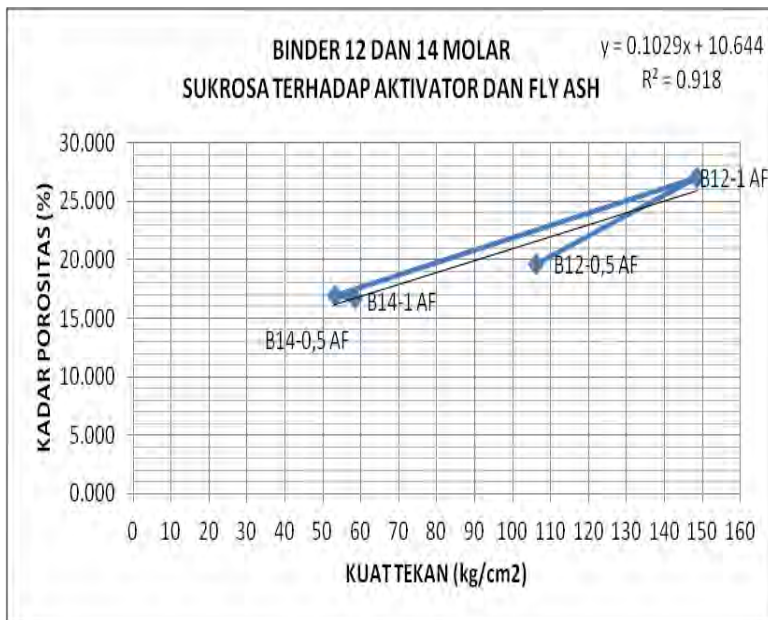


Grafik 4.33 Grafik Hubungan Kuat Tekan dan Porositas Binder *Geopolymer* dengan penambahan sukrosa 2,5%

C. Penambahan sukrosa 2,5% terhadap aktivator dan fly ash

Tabel 4.27 Data Kuat Tekan dan Porositas binder *geopolymer* terhadap aktivator dan fly ash

BINDER GEOPOLIMER SUKROSA TERHADAP AKTIVATOR DAN FLY ASH			
No	Kode Binder	Kuat tekan (kg/cm ²)	porositas (%)
1	B12-0,5 AF	106.157	19.606
2	B12-1 AF	148.620	27.032
3	B14-0,5 AF	53.079	16.928
4	B14-1 AF	58.386	16.711

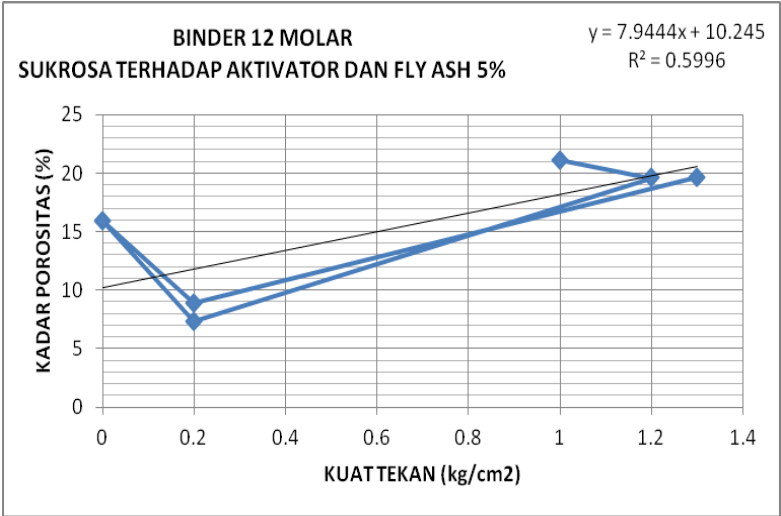


Grafik 4.34 Grafik Hubungan Kuat Tekan dan Porositas Binder *Geopolymer* dengan penambahan sukrosa 2,5%

D. Penambahan sukrosa 5% terhadap aktivator dan fly ash

Tabel 4.28 Data Kuat Tekan dan Porositas binder *geopolymer* dengan penambahan sukrosa 5% terhadap aktivator dan fly ash

BINDER GEOPOLIMER SUKROSA TERHADAP AKTIVATOR DAN FLY ASH 5%			
No	Kode Binder	Kuat tekan (kg/cm2)	porositas (%)
1	B12-0,5 AF 5%	1.3	19.648
		0.2	8.871
		0	15.909
		0.2	7.325
		1.2	19.595
		1	21.107

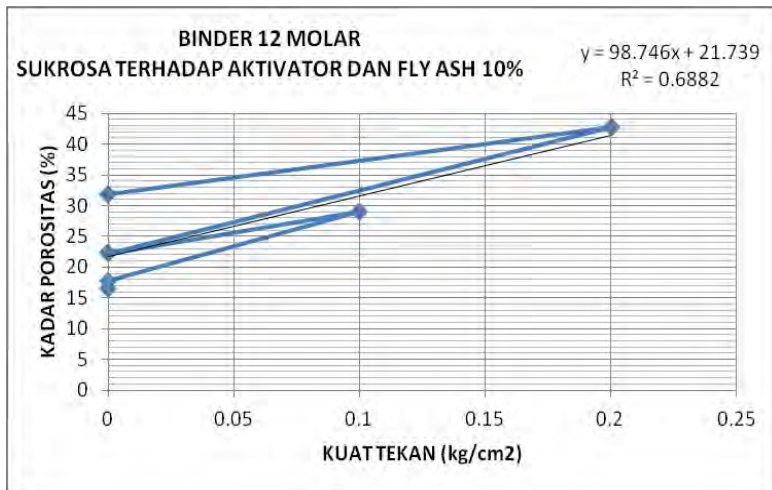


Grafik 4.35 Grafik Hubungan Kuat Tekan dan Porositas Binder Geopolymer dengan penambahan sukrosa 5%

E. Penambahan sukrosa 10% terhadap aktivator dan fly ash

Tabel 4.29 Data Kuat Tekan dan Porositas binder geopolymer dengan penambahan sukrosa 10% terhadap aktivator dan fly ash

BINDER GEOPOLIMER SUKROSA TERHADAP AKTIVATOR DAN FLY ASH 10%			
No	Kode Binder	Kuat tekan (kg/cm ²)	porositas (%)
1	B12-0,5 AF 10%	0	16.471
		0	17.699
		0.1	29.050
		0	22.222
		0.2	42.769
		0	31.844



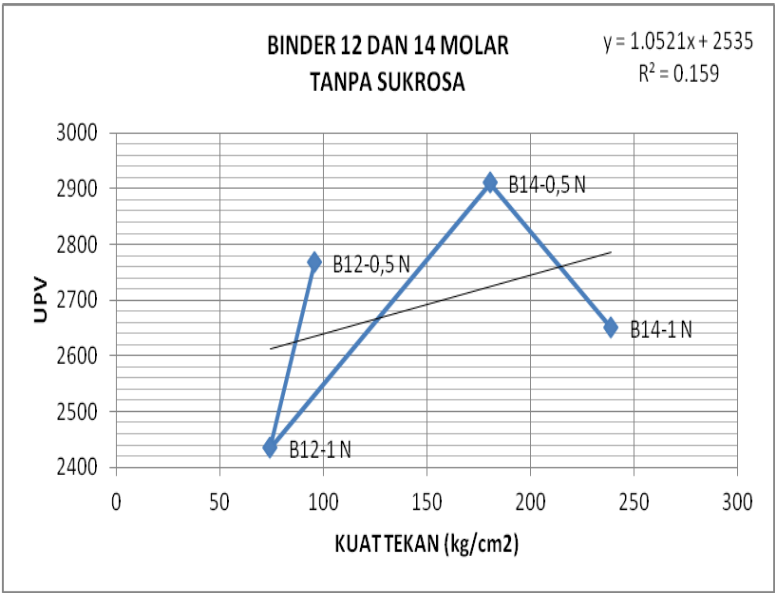
Grafik 4.36 Grafik Hubungan Kuat Tekan dan Porositas Binder Geopolymer dengan penambahan sukrosa 10%

4.2.7 Hubungan kuat tekan dan UPV

A. Tanpa sukrosa

Tabel 4.30 Data Kuat Tekan dan UPV binder *geopolymer* tanpa sukrosa

BINDER GEOPOLIMER TANPA SUKROSA			
No	Kode Binder	Kuat tekan (kg/cm2)	UPV
1	B12-0,5 N	95.541	2766.667
2	B12-1 N	74.310	2433.333
3	B14-0,5 N	180.467	2910
4	B14-1 N	238.854	2650

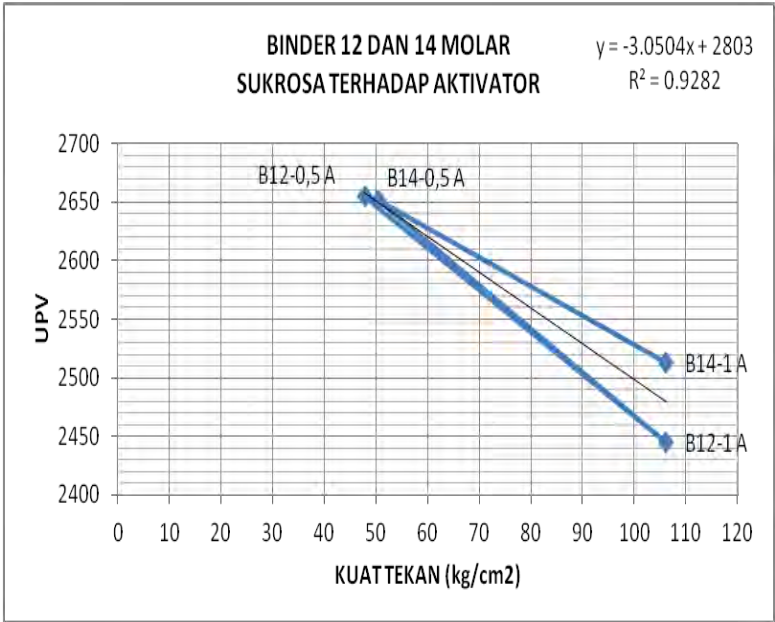


Grafik 4.37 Grafik Hubungan Kuat Tekan dan UPV Binder Geopolymer

B. Penambahan sukrosa 2,5% terhadap aktivator

Tabel 4.31 Data Kuat Tekan dan UPV binder geopolymer dengan penambahan sukrosa 2,5% terhadap aktivator

BINDER GEOPOLIMER SUKROSA TERHADAP AKTIVATOR			
No	Kode Binder	Kuat tekan (kg/cm2)	UPV
1	B12-0,5 A	47.771	2655
2	B12-1 A	106.157	2445
3	B14-0,5 A	50.425	2651.667
4	B14-1 A	106.157	2513.333

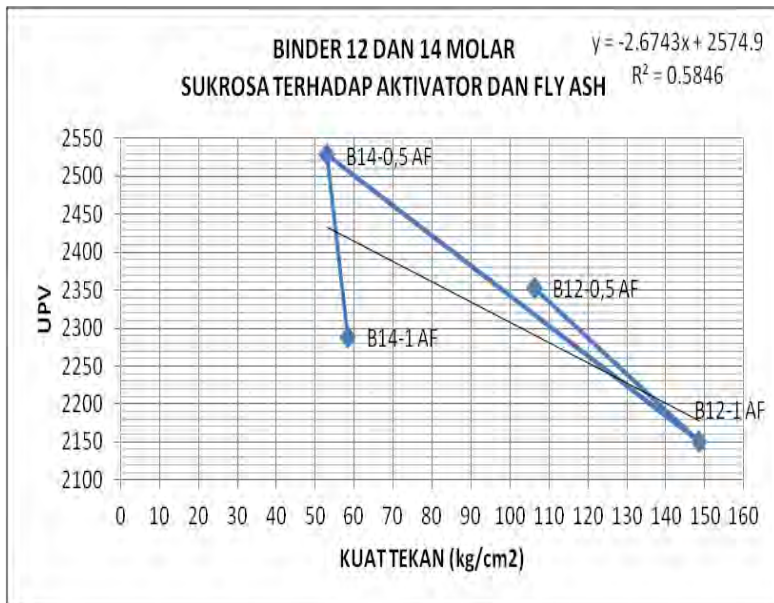


Grafik 4.38 Grafik Hubungan Kuat Tekan dan UPV Binder Geopolymer dengan penambahan sukrosa 2,5%

C. Penambahan sukrosa 2,5% terhadap aktivator dan fly ash

Tabel 4.32 Data kuat tekan dan UPV binder geopolymer dengan penambahan sukrosa 2,5% terhadap aktivator dan fly ash

BINDER GEOPOLIMER SUKROSA TERHADAP AKTIVATOR DAN FLY ASH			
No	Kode Binder	Kuat tekan (kg/cm ²)	UPV
1	B12-0,5 AF	106.1571125	2353.333
2	B12-1 AF	148.6199575	2150
3	B14-0,5 AF	53.07855626	2528.333
4	B14-1 AF	58.38641189	2288.333

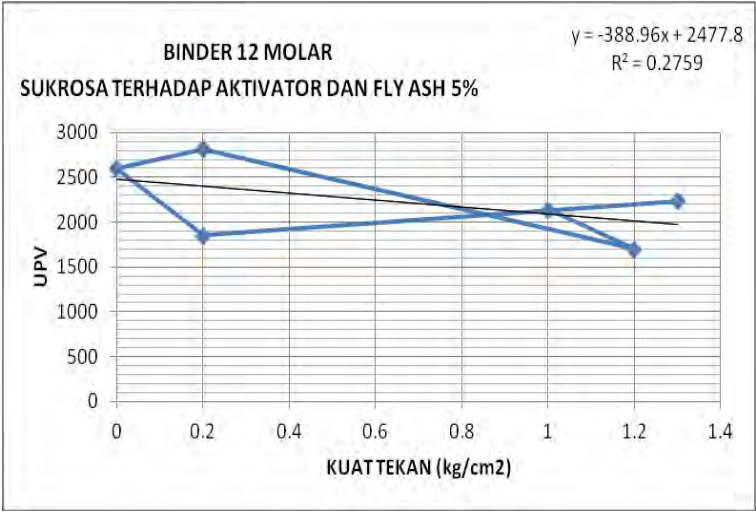


Grafik 4.39 Grafik Hubungan Kuat Tekan dan UPV Binder Geopolymer dengan penambahan sukrosa 2,5%

D. Penambahan sukrosa 5% terhadap aktivator dan fly ash

Tabel 4.33 Data kuat tekan dan UPV binder geopolimer dengan penambahan sukrosa 5% terhadap aktivator dan fly ash

BINDER GEOPOLIMER SUKROSA TERHADAP AKTIVATOR DAN FLY ASH 5%			
No	Kode Binder	Kuat tekan (kg/cm2)	UPV
1	B12-0,5 AF 5%	1.3	2240
		0.2	1850
		0	2600
		0.2	2820
		1.2	1700
		1	2140

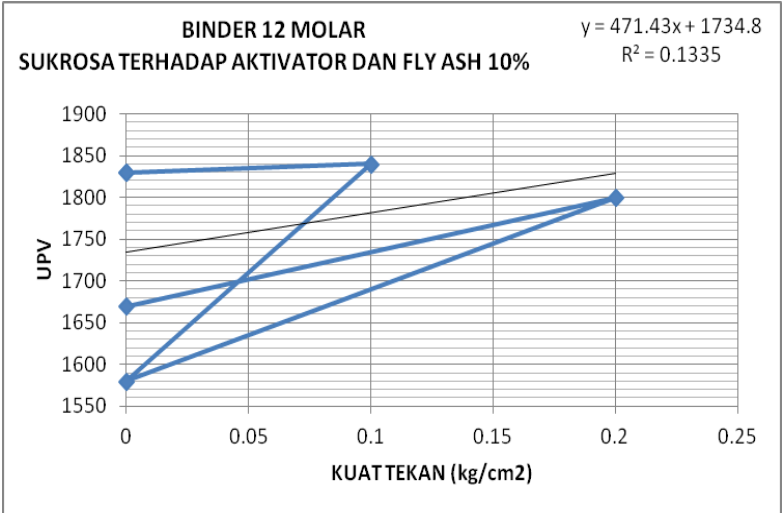


Grafik 4.40 Grafik Hubungan Kuat Tekan dan UPV Binder Geopolymer dengan penambahan sukrosa 5%

E. Penambahan sukrosa 10% terhadap aktivator dan fly ash

Tabel 4.34 Data kuat tekan dan UPV binder geopolymer dengan penambahan sukrosa 10% terhadap aktivator dan fly ash

BINDER GEOPOLIMER SUKROSA TERHADAP AKTIVATOR DAN FLY ASH 10%			
No	Kode Binder	Kuat tekan (kg/cm2)	UPV
1	B12-0,5 AF 10%	0	1830
		0	1830
		0.1	1840
		0	1580
		0.2	1800
		0	1670



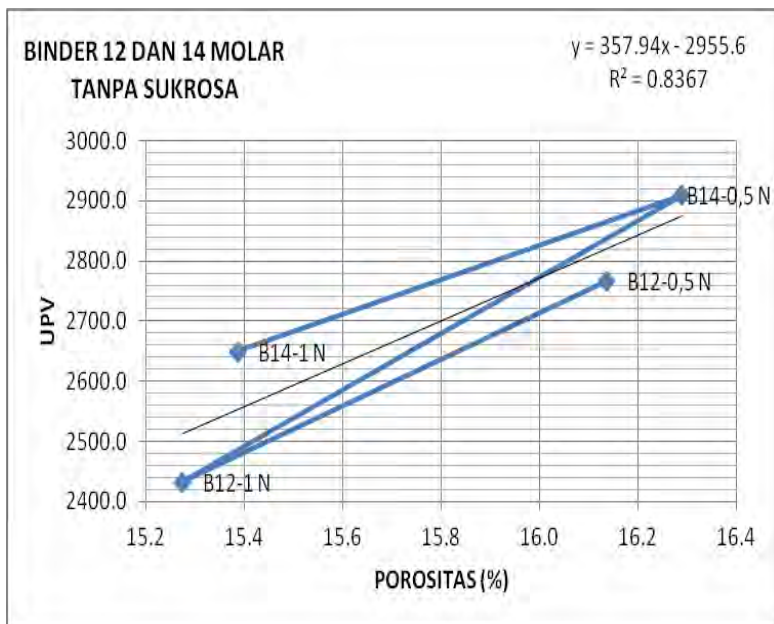
Grafik 4.41 Grafik Hubungan Kuat Tekan dan UPV Binder Geopolymer dengan penambahan sukrosa 10%

4.2.8 Hubungan UPV dan Porositas

A. Tanpa sukrosa

Tabel 4.35 Data UPV dan Porositas tanpa sukrosa

BINDER GEOPOLIMER TANPA SUKROSA			
No	Kode Binder	porositas (%)	UPV
1	B12-0,5 N	16.137	2766.667
2	B12-1 N	15.276	2433.333
3	B14-0,5 N	16.290	2910
4	B14-1 N	15.387	2650

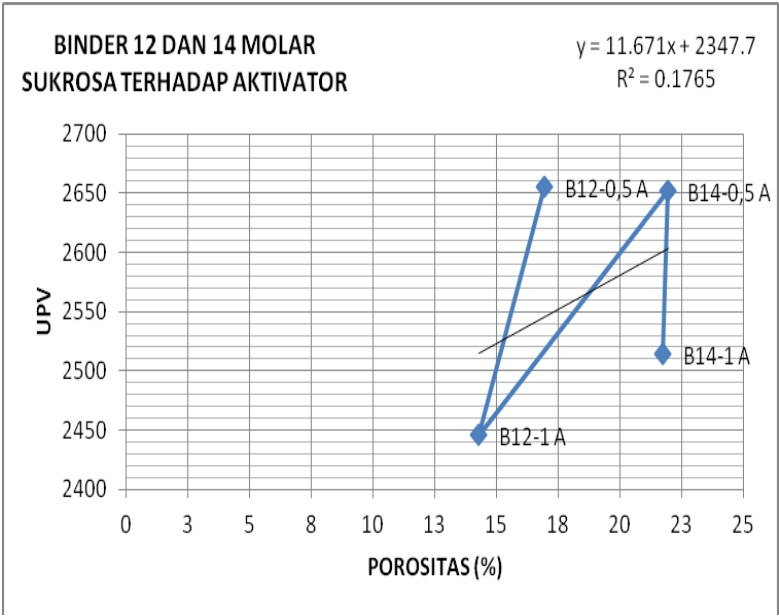


Grafik 4.42 Grafik Hubungan UPV dan Porositas Binder Geopolymer

B. Penambahan sukrosa 2,5% terhadap aktivator

Tabel 4.36 Data porositas dan UPV binder geopolymer dengan penambahan sukrosa 2,5% terhadap aktivator

BINDER GEOPOLIMER SUKROSA TERHADAP AKTIVATOR			
No	Kode Binder	porositas (%)	UPV
1	B12-0,5 A	16.930	2655
2	B12-1 A	14.289	2445
3	B14-0,5 A	21.944	2651.667
4	B14-1 A	21.738	2513.333

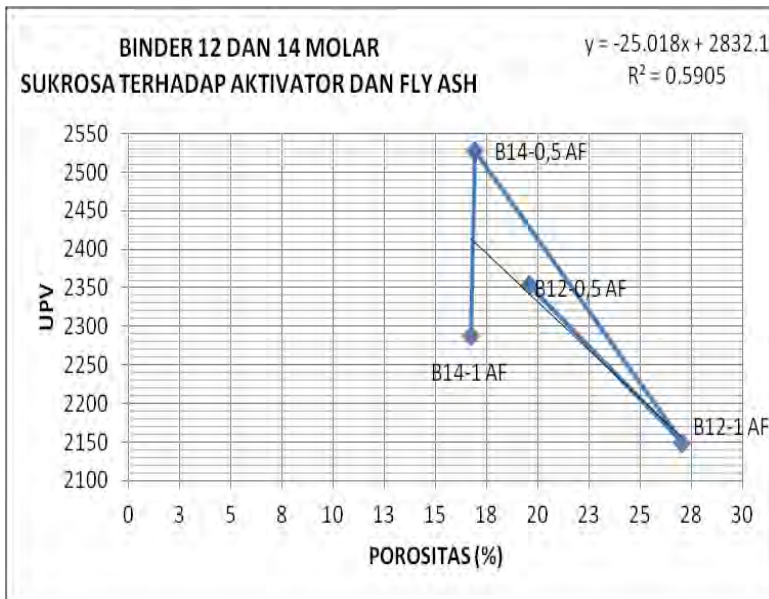


Grafik 4.43 Grafik Hubungan UPV dan Porositas Binder Geopolymer dengan penambahan sukrosa 2,5%

C. Penambahan sukrosa 2,5% terhadap aktivator dan fly ash

Tabel 4.37 Data porositas dan UPV binder geopolymer dengan penambahan sukrosa 2,5% terhadap aktivator dan fly ash

BINDER GEOPOLIMER SUKROSA TERHADAP AKTIVATOR DAN FLY ASH			
No	Kode Binder	porositas (%)	UPV
1	B12-0,5 AF	19.606	2353.333
2	B12-1 AF	27.032	2150
3	B14-0,5 AF	16.928	2528.333
4	B14-1 AF	16.711	2288.333

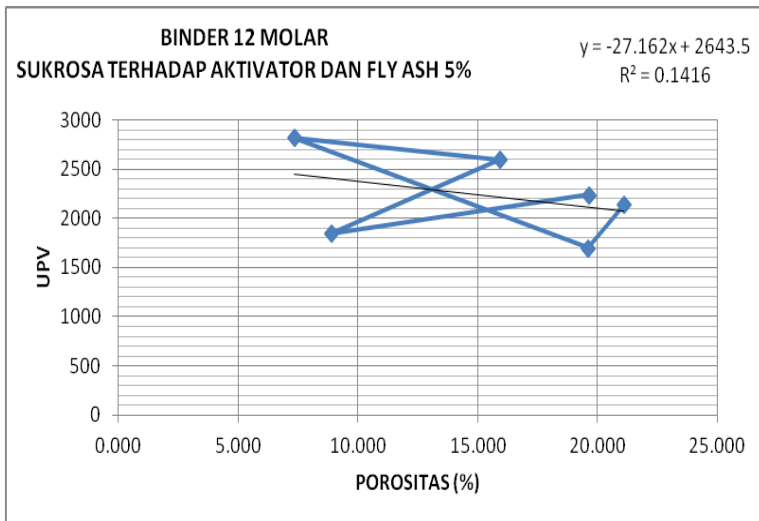


Grafik 4.44 Grafik Hubungan UPV dan Porositas Binder Geopolymer dengan penambahan sukrosa 2,5%

D. Penambahan sukrosa 5% terhadap aktivator dan fly ash

Tabel 4.38 Data porositas dan UPV binder geopolymer dengan penambahan sukrosa 5% terhadap aktivator dan fly ash

BINDER GEOPOLIMER SUKROSA TERHADAP AKTIVATOR DAN FLY ASH 5%			
No	Kode Binder	porositas (%)	UPV
1	B12-0,5 AF 5%	19.648	2240
		8.871	1850
		15.909	2600
		7.325	2820
		19.595	1700
		21.107	2140

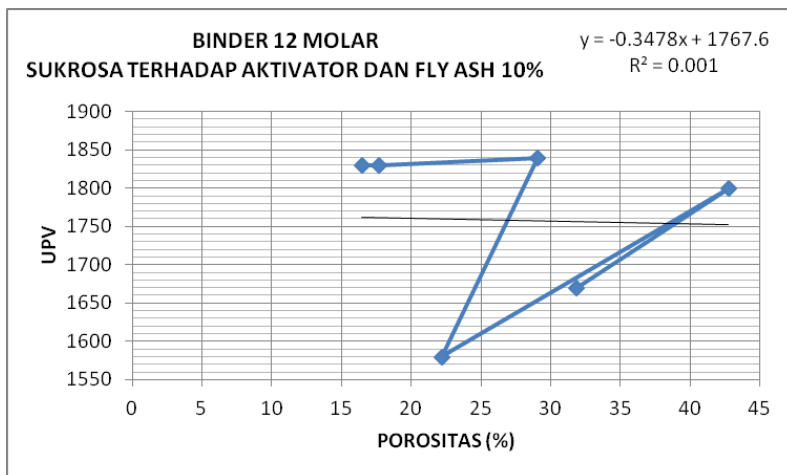


Grafik 4.45 Grafik Hubungan UPV dan Porositas Binder Geopolymer dengan penambahan sukrosa 5%

E. Penambahan sukrosa 10% terhadap aktivator dan fly ash

Tabel 4.39 Data porositas dan UPV binder geopolymer dengan penambahan sukrosa 10% terhadap aktivator dan fly ash

BINDER GEOPOLIMER SUKROSA TERHADAP AKTIVATOR DAN FLY ASH 10%			
No	Kode Binder	porositas (%)	UPV
1	B12-0,5 AF 10%	16.471	1830
		17.699	1830
		29.050	1840
		22.222	1580
		42.769	1800
		31.844	1670



Grafik 4.46 Grafik Hubungan UPV dan Porositas Binder Geopolymer dengan penambahan sukrosa 10%

LAMPIRAN

Lampiran 1

Mix Desain Binder *Geopolymer* 12 dan 14 Molar

a. Menentukan massa fly ash dan aktivator

$$\begin{aligned}\text{Massa fly ash} &= 74\% \times \text{massa 1 binder} \\ &= 74\% \times 30,144 \text{ gram} \\ &= 22,31 \text{ gram}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa aktivator} &= 26\% \times \text{massa 1 binder} \\ &= 26\% \times 30,144 \text{ gram} \\ &= 7,84 \text{ gram}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa sodium silikat} &= 1/3 \times \text{massa aktivator} \\ &= 1/3 \times 7,84 \text{ gram} \\ &= 2,61 \text{ gram}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa sodium hidoksida} &= 2/3 \times \text{massa aktivator} \\ &= 2/3 \times 7,84 \text{ gram} \\ &= 5,23 \text{ gram}\end{aligned}$$

b. Menentukan massa sukrosa

$$\begin{aligned}\text{Massa sukrosa 2,5\%} \\ \text{Terhadap aktivator} &= 7,84 \text{ gram} \times 2,5\% \\ &= 0,196 \text{ gram}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Terhadap aktivator dan fly ash} &= (7,84 + 22,31) \text{ gram} \times 2,5\% \\ &= 30,15 \times 2,5\% \\ &= 0,75375 \text{ gram}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa sukrosa 5\%} \\ \text{Terhadap aktivator} &= 7,84 \text{ gram} \times 5\% \\ &= 0,392 \text{ gram}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Terhadap aktivator dan fly ash} &= (7,84 + 22,31) \text{ gram} \times 5\% \\ &= 30,15 \times 5\% \\ &= 1,5075 \text{ gram}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa sukrosa 10\%} \\ \text{Terhadap aktivator} &= 7,84 \text{ gram} \times 10\% \\ &= 0,784 \text{ gram}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Terhadap aktivator dan fly ash} &= (7,84 + 22,31) \text{ gram} \times 10\% \\ &= 30,15 \times 10\% \\ &= 3,015 \text{ gram}\end{aligned}$$

c. Perhitungan komposisi binder *geopolymer* 12 dan 14 M terhadap aktivator dan fly ash

$$\text{Massa fly ash} = 22,31 \text{ gram} \times 12 = 267,72 \text{ gram}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa NaOH} \\ \text{Perbandingan 0,5} &= 5,23 \text{ gram} \times 12 = 62,76 \text{ gram} \\ \text{Perbandingan 1} &= 3,92 \text{ gram} \times 12 = 47,74 \text{ gram} \end{aligned}$$






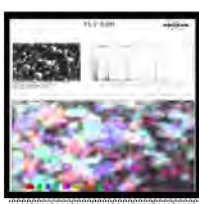
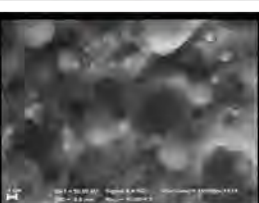
$$\begin{aligned} \text{Massa Na}_2\text{SiO}_3 \\ \text{Perbandingan 0,5} &= 2,61 \text{ gram} \times 12 = 31,32 \text{ gram} \\ \text{Perbandingan 1} &= 3,92 \text{ gram} \times 12 = 47,74 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa sukrosa 2,5\%} \\ \text{Terhadap aktivator} &= 0,196 \text{ gram} \times 12 = 2,352 \text{ gram} \\ \text{Terhadap aktivator dan fly ash} &= 0,76275 \text{ gram} \times 12 = 9,153 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa sukrosa 5\%} \\ \text{Terhadap aktivator} &= 0,392 \text{ gram} \times 12 = 4,704 \text{ gram} \\ \text{Terhadap aktivator dan fly ash} &= 1,5255 \text{ gram} \times 12 = 18,090 \text{ gram} \end{aligned}$$

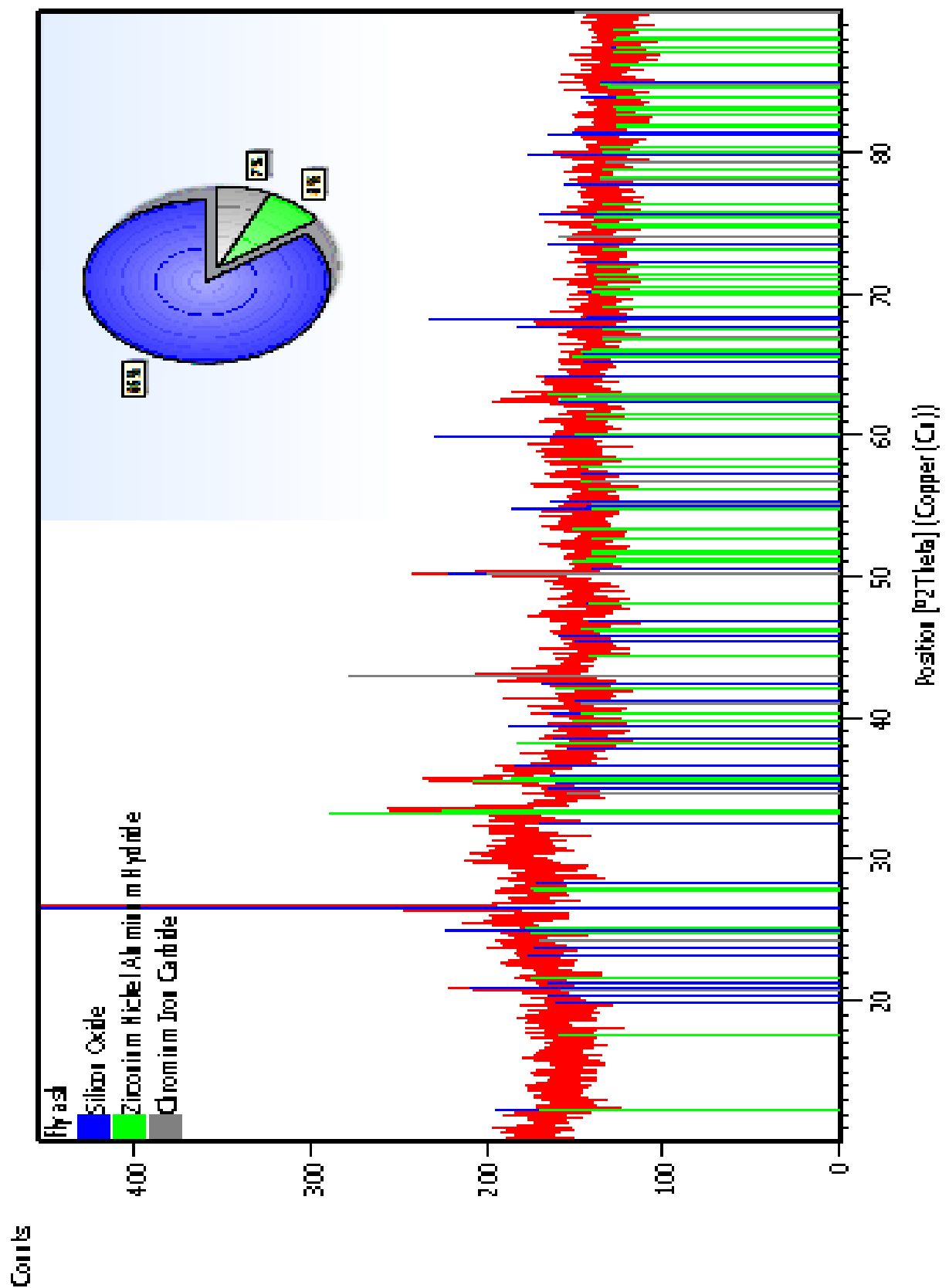
$$\begin{aligned} \text{Massa sukrosa 10\%} \\ \text{Terhadap aktivator} &= 0,784 \text{ gram} \times 12 = 9,408 \text{ gram} \\ \text{Terhadap aktivator dan fly ash} &= 3,051 \text{ gram} \times 12 = 36,180 \text{ gram} \end{aligned}$$

Lampiran 1

LOG BOOK KELOMPOK PARAMITA DAN ROSYID						
NO	kegiatan			pengerjaan terlibat	keterangan	DOKUMENTASI
	tanggal	Pelaksanaan	Jenis			
1	jum'at, 14-17 maret 2014	pembuatan mix design	- tanpa sukrosa	1. Paramita Tri K	pengerjaan mix design dikerjakan selama 3 hari dengan 3 komposisi beserta asistensi	
			- sukrosa terhadap aktivator	2. Miftakul Rosyid		
			- sukrosa terhadap aktivator dan fly ash			
2	selasa, 25 maret 2014	pembuatan larutan NaOH 12M, 14M	- Larutan NaOH 12 M	1. Paramita Tri K	proses pembuatan NaOH berjalan dengan lancar	
			- Larutan NaOH 14 M	2. Miftakul Rosyid		
				3. Aprilia Rizky		
3	rabu, 26 maret, 1-21 april dan 6 9 mei 2014	pembuatan binder geopolimer	- penimbangan fly ash, NaOH Na_2SiO_3 dan sukrosa	1. Paramita Tri K	proses pembuatan binder dilaksanakan selama 2 bulan berturut-turut untuk mengetahui kualitas yang baik	
			- membuat campuran pasta geopolimer	2. Miftakul Rosyid		
			- pencetakan binder geopolimer	3. Aprilia Rizky		
			- pemberian kode binder uji setting time	4. Rahadian Adi W.		
4	kamis, 24 april, 29 april 19 mei 4-7 juni 2014	pengetesan binder	- Tes UPV	1. Rahadian Adi W.	pengerjaan ini dikerjakan dengan lancar	
			- Tes Kuat Tekan	2. Miftakul Rosyid		
			- Tes Porositas	3. Paramita Tri K.		
5	senin, 19 mei 2014	pengetesan fly ash	- Tes SEM-EDX	1. Paramita Tri K.	pengetesan dilakukan di lab.energi LPPM-ITS	
				2. Miftakul Rosyid		
6	selasa, 20 mei 2014	pengetesan fly ash	- Tes XRD	1. Paramita Tri K.	pengetesan dilakukan di lab.material metalurgi FTI-ITS	
				2. Miftakul Rosyid		
7	kamis. 19 juni 2014	pengetesan binder	- Tes SEM binder geopolimer	1. Paramita Tri K.	pengetesan dilakukan di lab.energi LPPM-ITS	
				2. Miftakul Rosyid		
				3. Rahadian Adi W.		

Lampiran 1

- Hasil pengolahan data analisis kualitatif Uji *X-RD* fly ash Paiton



Lampiran 2

Hasil Pengujian Fly Ash Paiton dengan Analisa *XRF*.

XRF merupakan alat yang digunakan untuk menganalisis komposisi kimia beserta konsentrasi unsur-unsur yang terkandung dalam suatu sample dengan menggunakan metode spektrometri. Pada pengesanan *XRF* yang dilakukan di laboratorium Universitas Brawijaya, Malang didapat hasil sebagai berikut :

Tabel 4.1 Hasil Uji Komposisi Fly Ash Paiton

Jenis Senyawa	Kadar (%)
SiO ₂	31,71
Al ₂ O ₃	11,75
CaO	10,69
MgO	4,68
Na ₂ O	1,71
K ₂ O	1,31
TiO ₂	0,66
Fe ₂ O ₃	10,70
SO ₃	1,60
P ₂ O ₅	0,17
MnO	0,09
SrO	0,49
Total	75,57

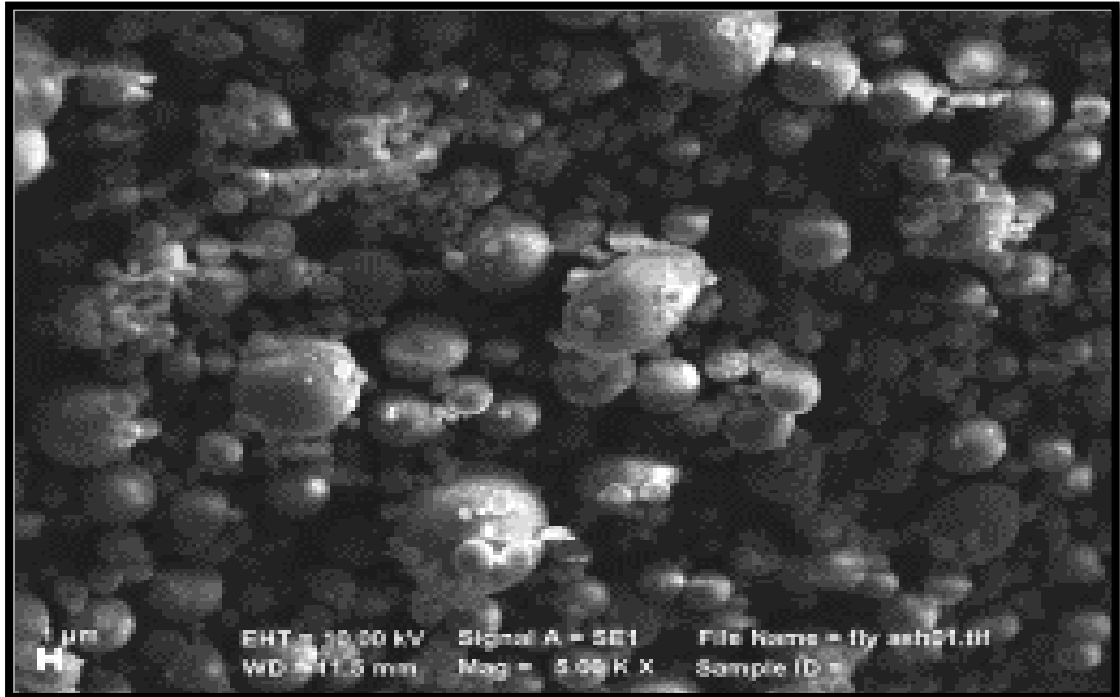
Sumber : Hasil Analisa Fly Ash Paiton

Hasil analisa uji komposisi senyawa kimia fly ash ini diperoleh dari hasil uji komposisi fly ash yang dilakukan oleh Laboratorium Universitas Brawijaya, Malang. Kadar kalsium dari fly ash Paiton adalah 10,69%, menurut ASTM C 618-84 fly ash yang memiliki kadar kalsium lebih dari 10% digolongkan dalam fly ash kelas C.

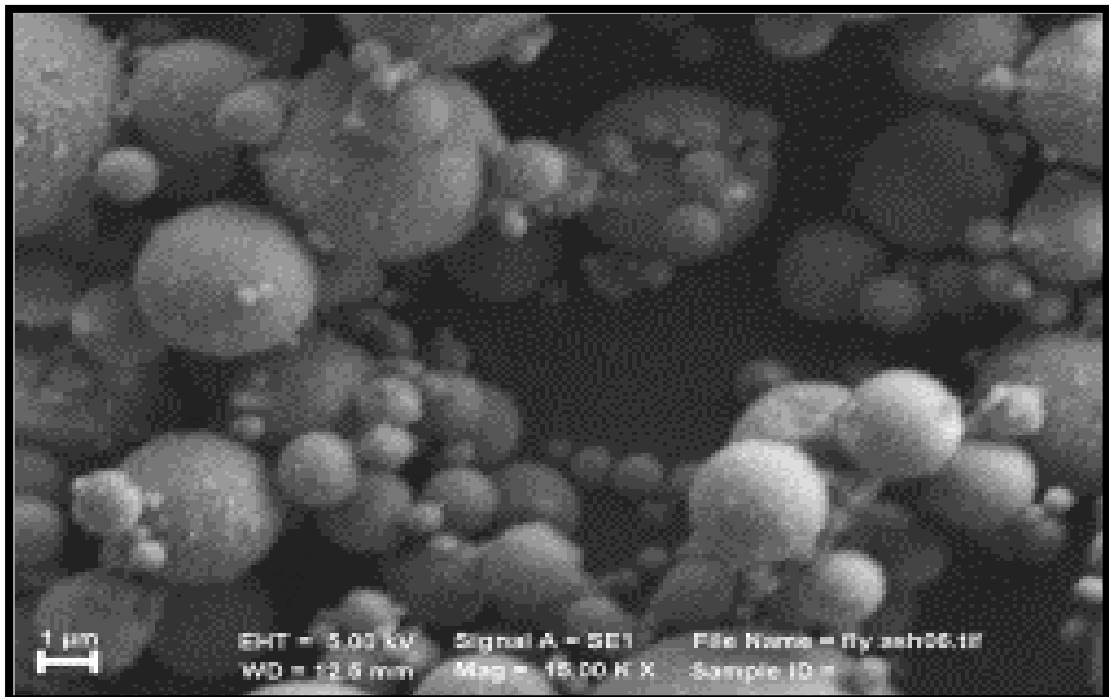
Lampiran 3

Hasil Uji Kandungan Scanning Electron Microscopy (SEM) Fly Ash Paiton

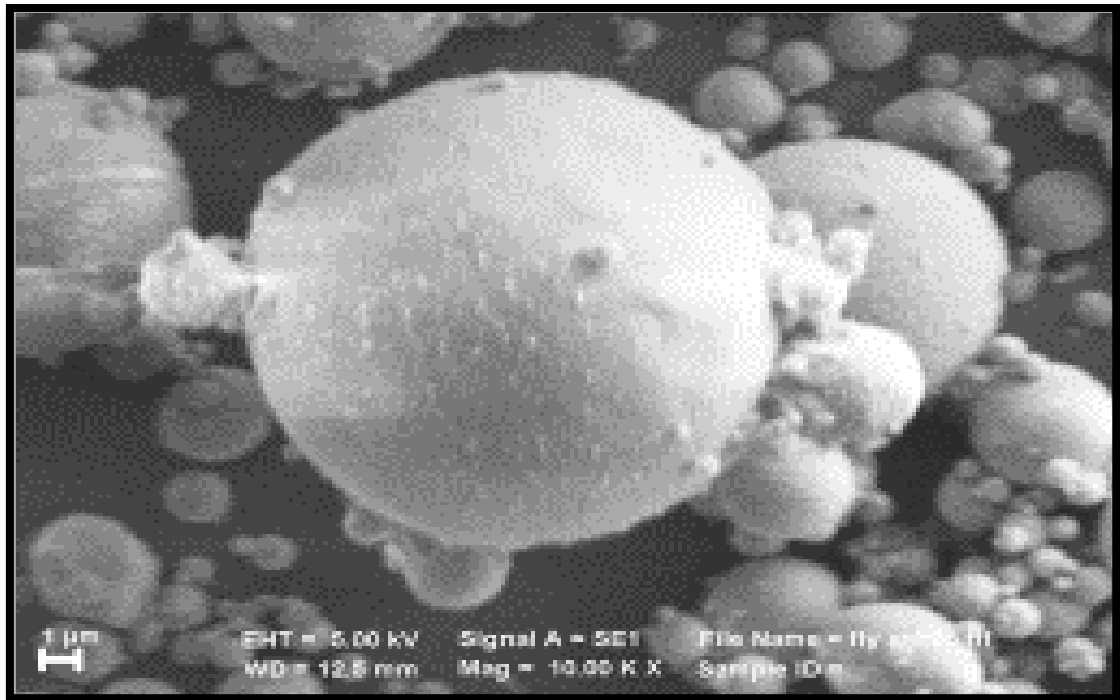
- Visualisasi mikrostruktur partikel fly ash Paiton dengan perbesaran 5000 kali dengan skala 1 μ m



- Visualisasi mikrostruktur partikel fly ash Paiton dengan perbesaran 15000 kali dengan skala 1 μ m



- Visualisasi mikrostruktur partikel fly ash Paiton dengan perbesaran 10000 kali dengan skala 1 μm

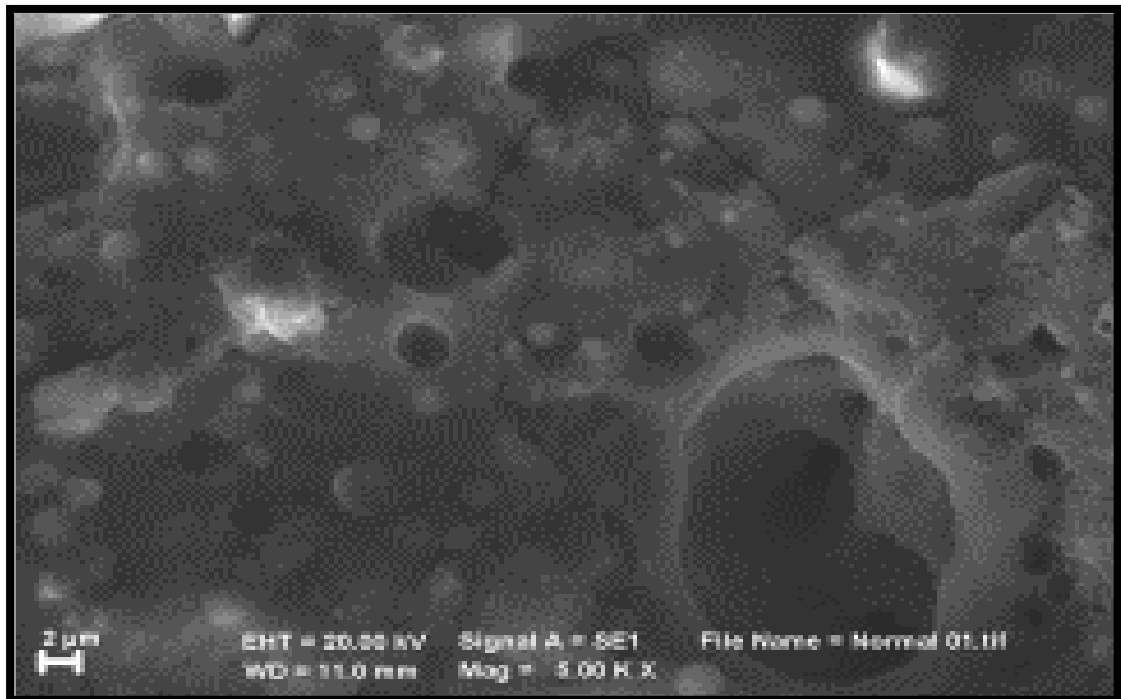


Lampiran 4

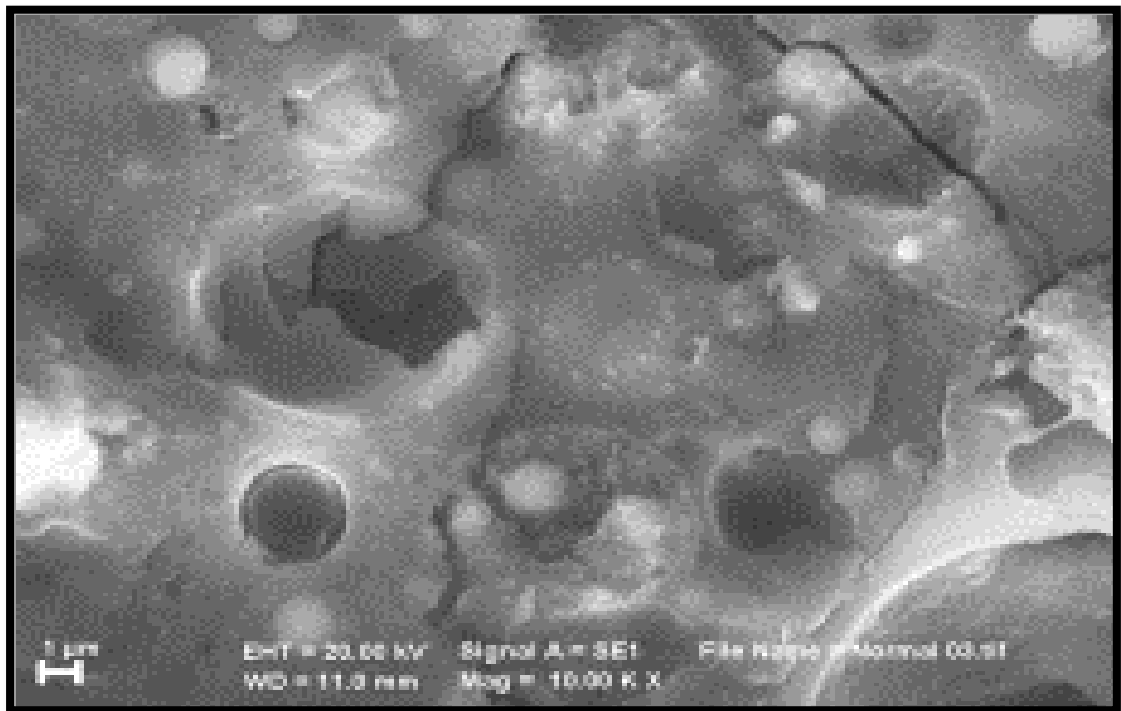
Hasil Uji Kandungan Scanning Electron Microscopy (SEM) Binder *Geopolymer*

Kondisi normal

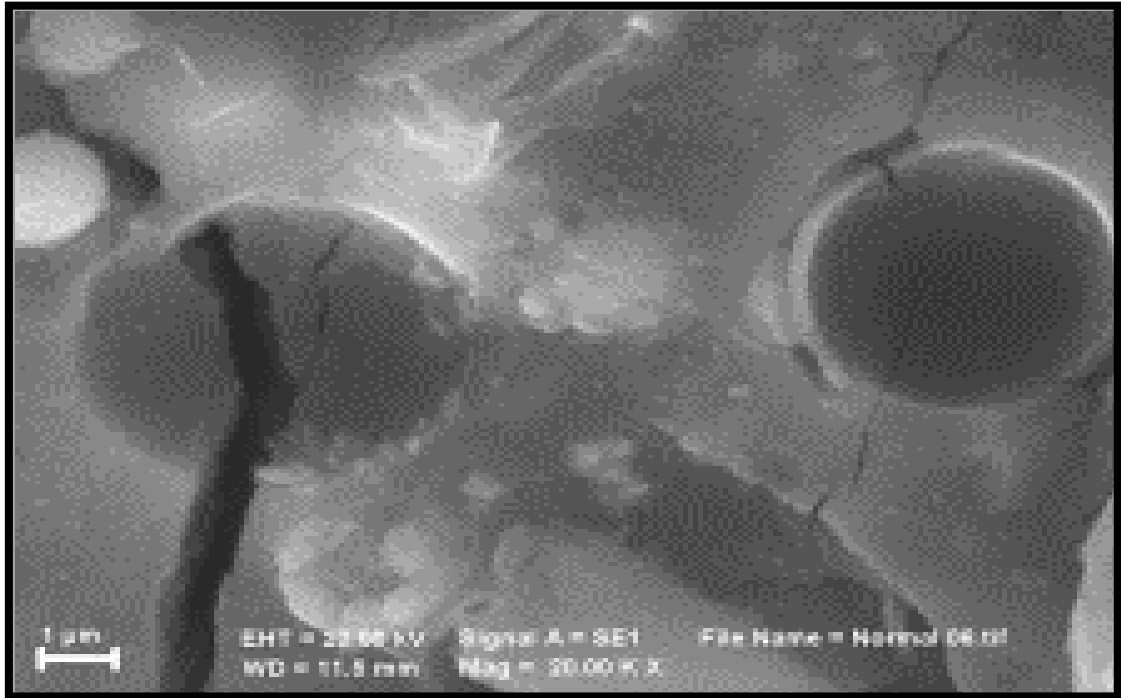
- Visualisasi mikrostruktur partikel fly ash Paiton dengan perbesaran 5000 kali dengan skala 2 μ m



- Visualisasi mikrostruktur partikel fly ash Paiton dengan perbesaran 10000 kali dengan skala 1 μ m

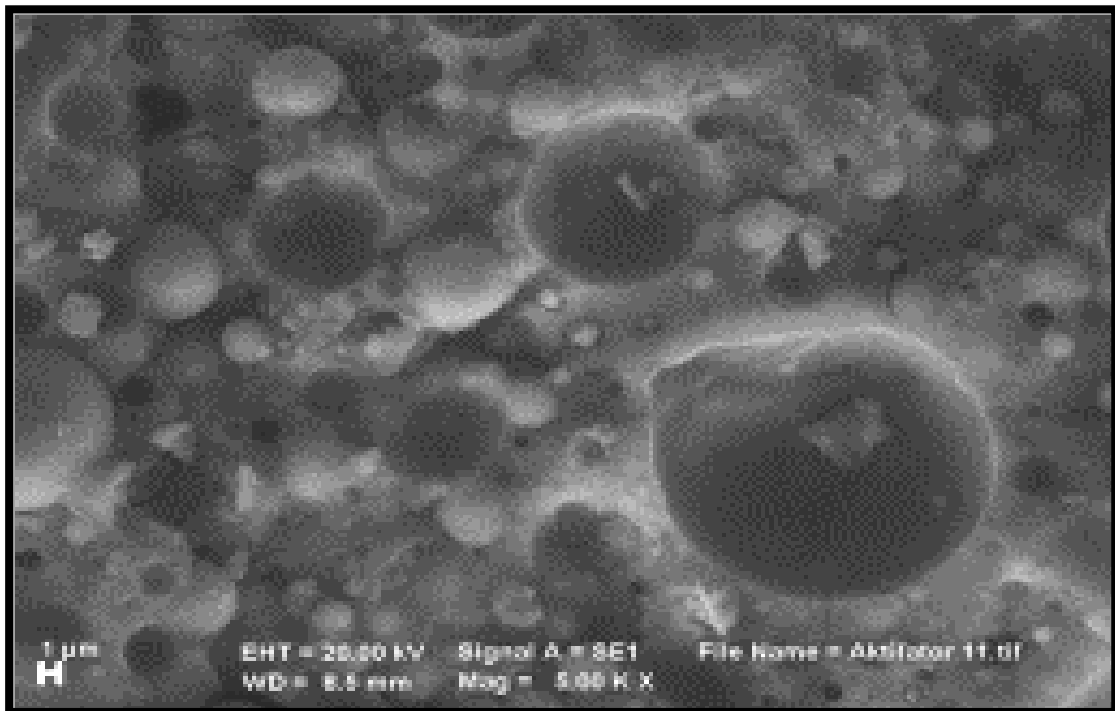


- Visualisasi mikrostruktur partikel fly ash Paiton dengan perbesaran 20000 kali dengan skala 1 μ m

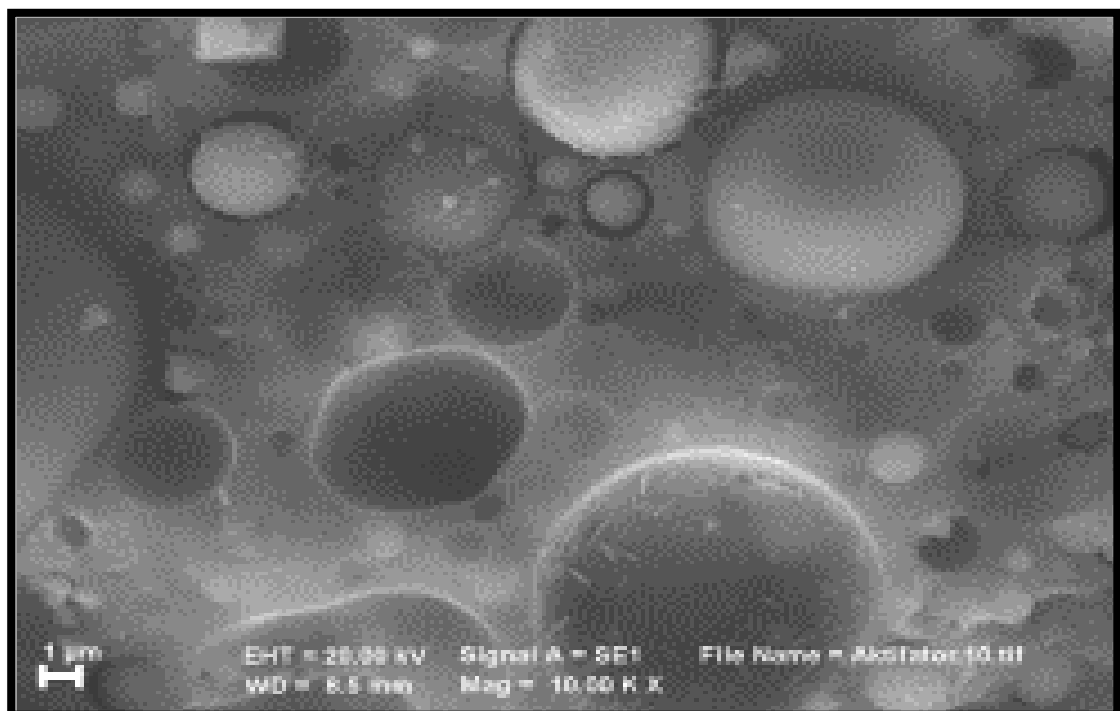


Kondisi dengan aktivator

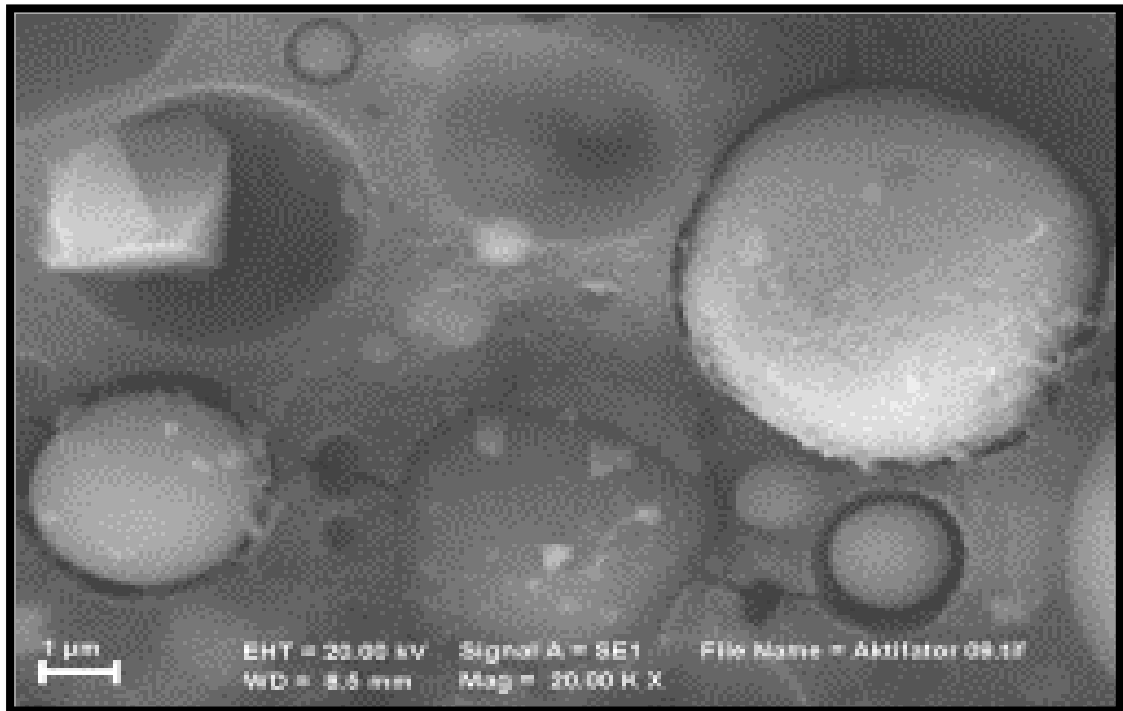
- Visualisasi mikrostruktur partikel binder *geopolymer* dengan perbesaran 5000 kali dengan skala 2 μ m



- Visualisasi mikrostruktur partikel binder *geopolymer* dengan perbesaran 10000 kali dengan skala 1 μ m



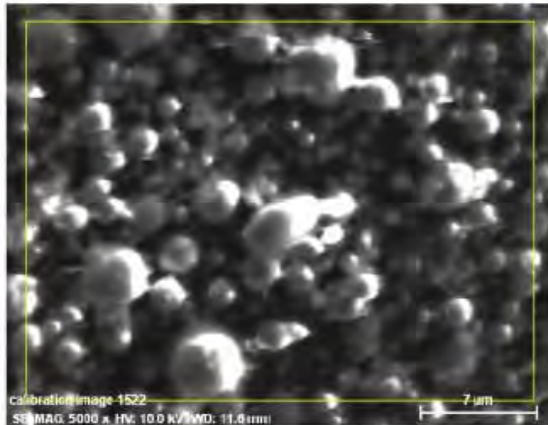
- Visualisasi mikrostruktur partikel binder *geopolymer* dengan perbesaran 5000 kali dengan skala $2\mu\text{m}$



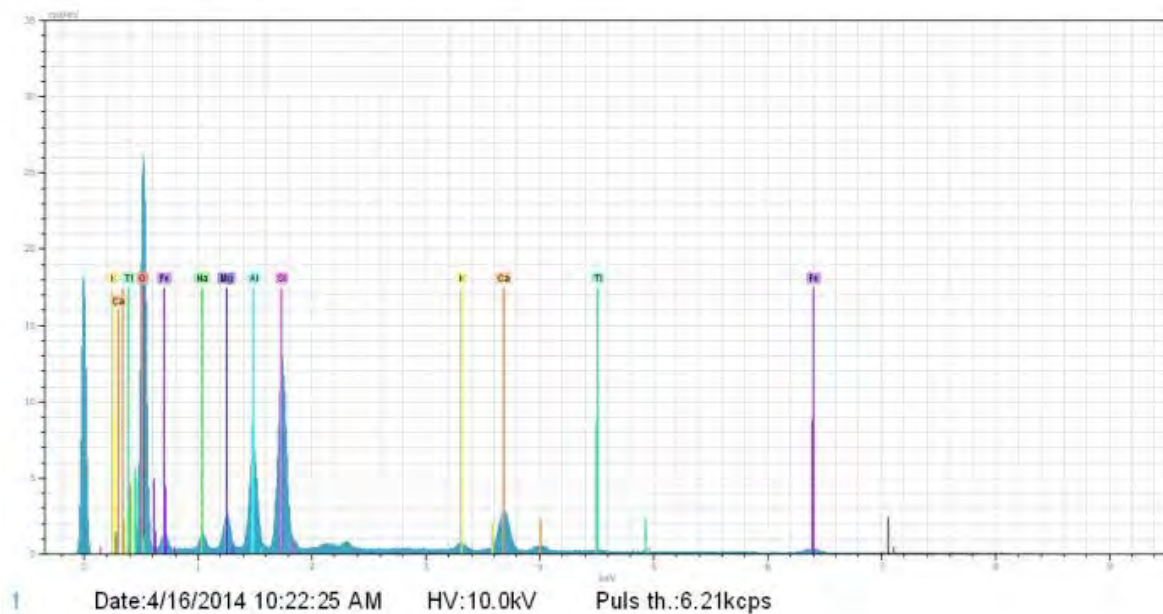
Lampiran 5

Hasil Uji Kandungan Energy Dispersive X-ray (EDX)

FLY ASH



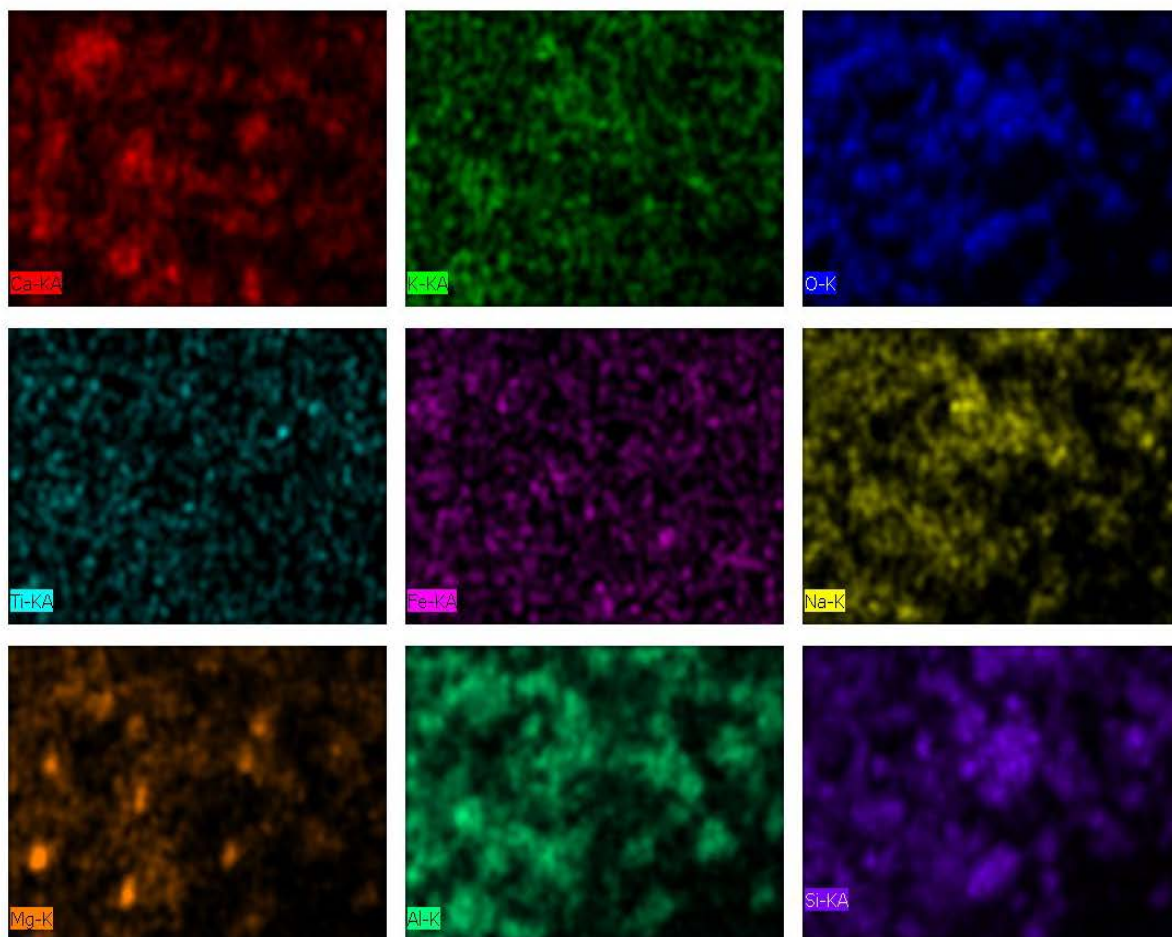
calibration image 1522 Date: 4/16/2014 10:22:06 AM Image size: 512 x 384 Mag: 5000x HV: 10.0 kV



El	AN	Series	unn. [wt.%]	C norm. [wt.%]	C Atom. [at.%]	Error [%]
----	----	--------	-------------	----------------	----------------	-----------

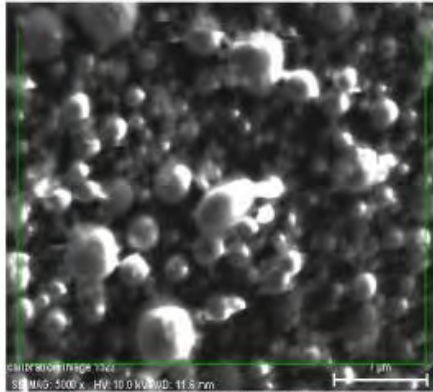
O	8	K-series	54.31	56.76	72.80	15.9
Na	11	K-series	0.63	0.66	0.59	0.1
Mg	12	K-series	1.63	1.70	1.44	0.1
Al	13	K-series	6.06	6.34	4.82	0.3
Si	14	K-series	16.43	17.17	12.54	0.7
K	19	K-series	0.95	1.00	0.52	0.1
Ca	20	K-series	8.18	8.54	4.38	0.3
Ti	22	K-series	0.54	0.56	0.24	0.1
Fe	26	K-series	6.97	7.28	2.68	0.4

Total:	95.69	100.00	100.00
--------	-------	--------	--------

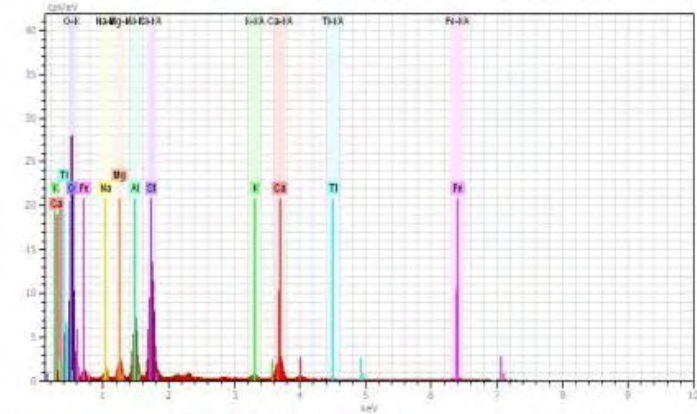


Ca-KA, K-KA, O-K, Ti-KA, Fe-KA, Na-K, Mg-K, Al-K, Si-KA Date: 4/16/2014 10:28:28 AM
 Image size: 481 x 328
 Mag: 5000x
 HV: 10.0kV

FLY ASH

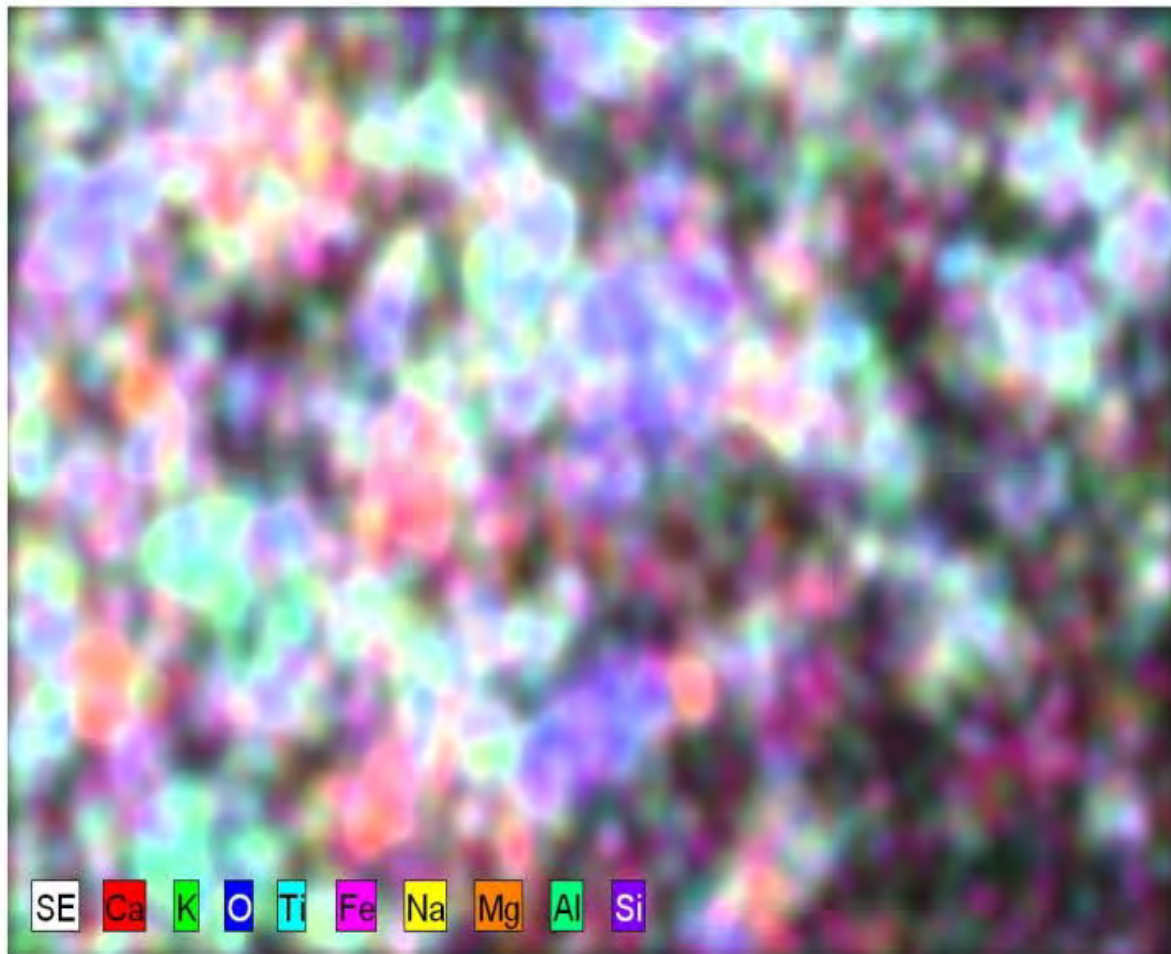


calibration image 153 Date: 4/16/2014
10:22:06 AM Image size: 512 x
384 Mag: 5000x HV: 10.0kV



Map Date: 4/16/2014 10:27:26 AM HV: 10.0kV
Puls th.: 6.52kps









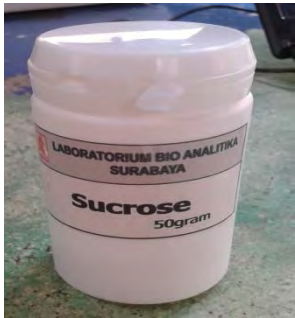



calibration image 21 Date: 4/16/2014 10:27:26 AM Image size: 481 x 328 Mag: 5000x HV: 10.0kV



Lampiran 6

Dokumentasi Penelitian.

No	Gambar	Gambar	Gambar
1			
Keterangan	Cawan	Kepi	Timbangan Digital
No	Gambar	Gambar	Gambar
2			
Keterangan	Tabung Ukur	Timbangan Analitis	Kuas
No	Gambar	Gambar	Gambar
3			
Keterangan	Cetakan Binder	Mixer Pengaduk	Mesin Uji Kuat Tekan

No	Gambar	Gambar	Gambar
4			
Keterangan	Alat Uji UPV	Stempet	Alat Uji Porositas
No	Gambar	Gambar	Gambar
5			
Keterangan	Penimbangan dalam air	Oven	Alat Vicat
No	Gambar	Gambar	Gambar
6			
Keterangan	Termometer	Fly Ash	Sukrosa
No	Gambar	Gambar	Gambar
7			
Keterangan	Pembuatan NaOH	NaOH	Na ₂ SiO ₃

No	Gambar	Gambar	Gambar
8			
Keterangan	Pembuatan Pasta	Penuangan Pasta	Pengetesan Setting Time
No	Gambar	Gambar	Gambar
9			
Keterangan	Binder Geopolimer	Pengujian Kuat Tekan	Pemvakuman Binder
No	Gambar	Gambar	Gambar
10			
Keterangan	Perendaman dalam air	Proses oven binder	Binder setelah di oven

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari serangkaian penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- a. Pada uji *setting time* penambahan sukrosa 2,5% terhadap aktivator dan *fly ash* dapat menambah waktu sampai dengan 80 menit. Hal ini terjadi pada binder 12 M dengan perbandingan 0,5. Penambahan sukrosa dengan volume besar dapat memperlambat *setting time* jika dibandingkan dengan binder tanpa sukrosa yang memiliki waktu *setting time* cepat.
- b. Pada uji porositas, penambahan sukrosa 2,5% terhadap aktivator dan *fly ash* dapat mempengaruhi banyaknya ruang kosong pada suatu binder. Hal ini terlihat pada uji porositas penambahan sukrosa 2,5% terhadap aktivator dan *fly ash* terjadi pada campuran binder B12-1 AF dan porositas yang paling kecil terjadi pada campuran binder B12-1A.
- c. Pada uji UPV, binder *geopolymer* tanpa sukrosa memiliki nilai yang besar dibandingkan yang lain. Hal ini terlihat pada binder 14 M dengan perbandingan 0,5 dengan hasil 2910 m/s. Sedangkan hasil terkecil terjadi pada campuran binder 12 dengan perbandingan 0,5 terhadap aktivator.
- d. Pada uji kuat tekan binder *geopolymer* penambahan sukrosa 2,5% terhadap aktivator dan *fly ash* dapat mempengaruhi kuat tekan binder, ini terlihat pada UPV yang paling besar terjadi pada campuran binder B14-0,5N dan paling kecil terjadi pada campuran binder B12-1 AF

5.2. Saran

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk :

1. Menambah umur binder geopolymer dikarenakan melihat data UPV yang masih dalam kondisi baik
2. Meratakan permukaan binder geopolymer jika hendak di kuat tekan atau dengan cara di capping supaya hasil kuat tekan bisa sempurna.
3. Melakukan penelitian dengan penambahan sukrosa kurang dari 5% melihat hasil penelitian.